

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 Vol. 19:10 October 2019

=====

Acoustic phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing

Prof. Rajendran Sankaravelayuthan
 Amrita Vishwa Vidapeetham, Coimbatore 641 112
rajushush@gmail.com

=====

ABSTRACT

The onset of this monograph dates back to ten to fifteen years ago when I was teaching MA Applied linguistics in Tamil University, Thanjavur. This write up which was rather class notes was written in Tamil as MA applied linguistics is/was introduced through Tamil medium in Tamil University. The lack of computational linguistics materials in Tamil made me to write notes of the concerned topic in Tamil. So far it was lying in my laptop. Prof. M.S. Thirumalai suggested me to publish it in book format in *Language in India*. So, I am doing it now.

The book talks mainly about three important matters in computational linguistics: acoustic phonetics, text to speech processing and speech to text processing. The book is organized into eight chapters.

Chapter 1: Introduction

The first chapter is ‘Introduction’. It makes a brief note on acoustics phonetics, text to speech processing and speech to text processing.

Chapter 2: Acoustic phonetics

This chapter is divided into ten subsections apart from introduction and abstract: the generation of sound, the propagation of sound waves, absorption and reflection of sound energy, free and forced vibration: resonance, the speech mechanism as sound generator, the vocal tract, periodic and aperiodic sounds, acoustic analysis: the sound spectrograph, acoustic features of English sounds and acoustic cues for the recognition of speech sounds. This chapter lays foundation for further aspects of speech processing such as speech synthesis (text to speech) and speech recognition (speech to text).

Chapter 3: Articulatory and acoustic analysis of Tamil sounds

This chapter mainly talks about two aspects of Tamil sounds, the articulatory aspects of Tamil sounds and acoustics analysis of Tamil sounds. The articulatory aspects of Tamil sounds have been explained with a diagram depicting organs of speech. The sounds are classified into vowels and consonants. The vowels are explained in terms of three dimensions: front and back, closed and open and

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankaravelayuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

rounded and unrounded. The consonants are classified from the point of view of place and manner of articulation. From acoustic point of view Tamil sounds both vowels and consonants are analyzed using spectrograph and the spectrographs are given as such with explanations on the acoustic features of Tamil sounds.

Chapter 4: Text to speech processing

It talks mainly about text to speech, speech synthesis, approaches to speech synthesis, the pros and cons of speech synthesis methodology and application of text to speech systems. The important aspects dealt here are speech and transcriptions, the international phonetic alphabets, phonological rules and finite state transducers, correlating text with phonemes, pronunciation dictionaries, prosody in text to speech and the history of approaches to speech synthesis

Chapter 5: Text to speech processing in Tamil

The chapter talks about the attempts to development of text to speech systems in Tamil. It gives the details of different types of text to speech systems attempted for Tamil. It talks elaborately on three important text to speech system attempted for Tamil.

The text to speech conversion system for Tamil which was attempted by Philips and others has been elaborated on at first. They claim that the text-to-speech engine developed for Tamil language could successfully convert any arbitrary Tamil Text into spoken utterance. The back-end of the engine was a sound database created with 343 phonemes (phones) which were chosen as the basic units of Tamil language. The text-to-speech engine splits the given text into the basic units of Tamil, extracts the correct phonemes from the database and concatenates the basic unit waveforms in the correct sequence to produce the required sound waveform. The front-end of the engine is a GUI that allows users to input Tamil text in letters of even numbers. The text can be stored to be used at a later time. The Tamil font “TSC_Avarangal” was selected as the font to develop the user interface. The sound editing software “Sound Forge” was used when preparing the phonemes with direct pitch. This work shows that for languages like Tamil text-to-speech engines can be successfully developed with available resources.

The next is on the “Decision tree learning for automatic grapheme to phoneme conversion for Tamil” developed by Udhayakumar and others. They claim it as a novel approach for grapheme to phoneme conversion using decision tree learning technique. They also claim that the proposed approach, unlike the rule based approach, can generated rules spanning wider context and thus give better accuracy for the conversion.

The third is on “Text to speech for Tamil”, a project report submitted by Arun Kumar for his MTech degree. He has developed a TTS system for Tamil language. It is a hybrid system; it combines the rule based approach and the rule based approach and concatenation approach. A well recorded speech file of the required alphabets is stored in the database. The design explains all the processing steps like text processing, grammatical rules and finally the concatenation process. The main researches in TTS are all about the naturalness in the output speech. Arun Kumar claims that he has acquired a certain level than the other TTS system available in the field as his TTS system gives output speech files with naturalness.

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankaravelayuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

He also claims that by incorporating some other process like number system, machine learning etc. the naturalness of the TTS system will improve.

Chapter 6: Speech to Text processing

This chapter describes initially about speech sounds and their transcription, automatic speech recognition, milestones in speech to text technology, the six categories of speech processing, types of speech recognition, the uses and applications of speech recognition system and the principles and strategies behind speech recognition technology. This is followed by discussion on generic speech recognition, speech recognizer based on statistical models, including training and decoding process, and knowledge sources. Then acoustic parameterization and modelling is explained in the light of acoustic feature analysis, acoustic models and adaptation. Lexical and pronunciation modelling and language modelling also are explained.

Chapter 7: Speech to text processing in Tamil

In this chapter, different approaches to speech to text processing in Tamil are elaborated on quoting instances. A full-fledged speech to text system attempted for Tamil is explained. This system is built by Lakshmi and Hema A. Murthy. They claim that it is a novel technique for building a syllable based continuous speech recognizer when unannotated transcribed train data is available. They present different segmentation algorithms to segment the speech and the corresponding text into comparable syllable like units. A group delay based two level segmentation algorithm is proposed to extract accurate syllable units from the speech data. A rule based text segmentation algorithm is used to automatically annotate the text corresponding to the speech into syllable units. Isolated style syllable models are built using multiple frame size (MFS) and multiple frame rate (MFR) for all unique syllables by collecting examples from annotated speech. Experiments performed on Tamil language show that the recognition performance is comparable to recognizers built using manually segmented train data. These experiments suggest that system development cost can be reduced by using minimum manual effort if sentence level transcription of the speech data is available (Abstract from Lakshmi and Hema A. Murthy 2006)

Chapter 8: Conclusion

The conclusion briefly discusses about the previous chapters and the need for speech analysis and speech processing in Tamil.

ஒலியியக்கவியலும் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கமும் பேச்சிலிருந்து உரையாக்கமும்

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing

ஆக்கியோன்

பேராசிரியர் ச. இராசேந்திரன்

அமிர்தா விஷ்வ வித்யபீடம்

கோயம்பத்தூர்

rajushush@gmail.com

கோயம்பத்தூர்

அக்டோபர் 2019

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 **19:10 October 2019**

Prof. Rajendran Sankaraveleyuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)



முகவுரை

இந்த மின் ஏடு கடந்த பல ஆண்டுகளாக எனது கணிப்பொறியில் உறங்கிக்கொண்டிருந்தது. இவ்வேடு தஞ்சாவூர் தமிழ்ப்பல்கலைக்கழகத்தில் நான் பணியாற்றுகையில் எனது முதுகலை மொழியியல் மாணவர்களுக்காகப் பத்து பதினைந்து ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் எழுதப்பட்டது. சில ஆண்டுகளுக்கு முன் academia.eduஇல் பதிவேற்றம் செய்திருந்தேன். சிலர் இதைப் பயன்படுத்தியதாகத் தெரிகின்றது. பேராசிரியர் திருமலை அவர்கள் அவர் வெளியிடும் Language in India என்ற திங்கள் மின்னாய்விதழில் இவ்வேட்டை வெளியிட உதவிக்கரம் நீட்டினார். அதனால் இவ்வேட்டின் முதல் வரைவில் திருத்தங்களும் மாற்றங்களும் விரிவாக்கம் செய்து இதை ஒரு நூலாக Language in India-வில் சமர்ப்பிக்கின்றேன். பயனுள்ளதாக இருந்தால் மகிழ்ச்சி அடைவேன். திருத்தங்களோ மாற்றங்களோ விரிவாக்கமோ தேவைப்பட்டால் என் மின்னஞ்சலுக்கு எழுதவும் (rajushush@gmail.com). பேராசிரியர் திருமலை அவர்களுக்கு எனது மனமாற்ற நன்றியைத் தெரிவித்துக்கொள்கின்றேன்.

இந்நூல் மூன்று முக்கிய பாகங்களாக அமையும். முதல்பகுதியில் ஒலியியல்கவியல் குறித்து விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதை எழுதுவதற்கு ஃப்ரை (Fry1979) எழுதிய 'The Physics of Speech' என்ற நூல் பயன்பட்டது. தமிழுக்கான மாற்றங்கள் செய்து இவ்வியல் ஃப்ரையைத் தழுவி எழுதப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது பகுதி உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றத் தொழில்நுட்பம் குறித்து விளக்குகின்றது. தமிழுக்காக செய்யப்பட்ட உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் பற்றிய ஒரு சில முயற்சிகளும் விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளது. மூன்றாவது பகுதி பேச்சிலிருந்து உரை மாற்றத் தொழில்நுட்பம் பற்றி விரித்துரைக்கின்றது. தமிழுக்காக செய்யப்பட்ட பேச்சிலிருந்து உரை மாற்றம் குறித்த ஒரு சில முயற்சிகளும் விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளது.

அன்புடன்

ச. இராசேந்திரன்

பொருளடக்கம்

வரிசை எண்	தலைப்பு	பக்கம்
1.	இயல் 1: அறிமுகம்	15
2.	இயல் 2: ஒலியியக்கவியல்	15
2.1.	அறிமுகம்	18
2.2.	ஒலியின் உருவாக்கம்	20
2.2.1	அதிர்வின் அலை வீச்சு	26
2.2.2	தனி ஒலியியைபு இயக்கம்	28
2.2.3	சுற்று இயக்கமாக தனி ஒலியியைபு இயக்கம்	32
2.2.4	சைன் அலைகளின் சேர்ப்பு	37
2.2.5	அதிர்வுறும் ஒழுங்குமுறைகளின் பௌதிக பண்புகள்	42
2.3.	ஒலி அலைகளின் பரவல்	42
2.4.	ஒலிச்சக்தியை உள்வாங்கலும் பிரதிபலித்தலும்	51
2.4.1	நிலைநிற்கும் அலைகள்	52
2.4.2	அதிர்வின் பாங்கு	55
2.4.3	ஒலிப்பண்புத்திறன்	57
2.5.	சுதந்திரமான மற்றும் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள்: ஒலியூக்கம்	58
2.5.1	உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு	59
2.5.2	கலவைச் சுரங்களும் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளும்	63
2.5.3	வடிகட்டிகள்	65
2.5.4	ஒலியிக்க வர்ணனைப்படம்	66
2.6.	பேச்சு உருவாக்கியாகப் பேச்சு இயக்கநுட்பம்	69
2.6.1	பேச்சில் சக்தியின் வினியோகம்	69
2.6.2	ஒலி மூலமாகத் தொண்டை	70
2.6.3.	பேச்சில் தொண்டை அதிர்வின் செயல்பாடுகள்	76
2.6.3.1	அடிப்படை அதிர்வு எண்	76
2.6.3.2	குரல் மாற்றம்	77

2.6.3.3	குரல்பண்பு	78
2.7.	பேச்சுக் குழல்	78
2.7.1	பேச்சுக்குழலின் ஒலி இயக்கப் பண்புகள்	79
2.8.	கால நீட்சி மாறாத மற்றும் கால நீட்சி மாறும் ஒலிகள்	92
2.8.1.	ஒசை வடிகட்டியாகப் பேச்சுக்குழல்	97
2.9	ஒலியியக்கவியல்: ஒலி நிறமாலைவரைவி	99
2.9.1	ஒலியின் கடுமை	99
2.9.2	டெசிபல்	100
2.9.3	நிகழ்வெண் ஆய்வின் நுட்பம்	103
2.9.4	குறுகிய மற்றும் அகலப் பட்டை நிறமாலைவரைவு	109
2.9.5	இரைச்சலின் ஒலிநிறமாலைவரைவு ஆய்வு	114
2.9.6	கடுமையின் அளப்பு	117
2.9.7	ஒலி நிறமாலை வரைவில் இருக்கும் தகவல்	118
2.9.8	ஒலி நிறமாலைவரைவியும் அளவையின் அளவுகோல்களும்	121
2.10	ஆங்கிலப் பேச்சொலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புக் கூறுகள்	122
2.10.1.	ஆங்கில உயிரொலிகள்	123
2.10.1.1.	ஈருயிர்	126
2.10.1.2.	உயிரொலியின் கால அளவு மற்றும் கடுமை இவற்றின் வேறுபாடு	128
2.10.2.	ஆங்கில மெய்யொலிகள்	129
2.10.2.1	மூக்கொலிகள்	130
2.10.2.2	[l] மற்றும் [r] ஒசைகள்	132
2.10.2.3	உராய்வு இரைச்சல்	134
2.10.2.4.	ஆங்கில உரசொலிகள்	135
2.10.2.5.	ஆங்கில அடைப்பொலிகள்	137
2.10.2.6	ஆங்கில அடைப்புரசொலிகள்	139
2.10.3.	ஆங்கில ஒலிகளின் ஒத்தறிக்கடுமை	140

2.11.	பேச்சொலிகளை அறிந்துகொள்வதற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள்	142
2.11.1.	ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் செயல்பாடு	142
2.11.2	ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் மீதான பரிசோதனைகள்	144
2.11.3.	உயிரொலி வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள்	148
2.11.4	குரலொலி, குரலிலா ஒலி வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள்	150
2.11.5	ஒலிப்பு முறைக்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள்	152
2.11.6	ஒலிப்பு இடத்தின் ஒலியியக்கக் குறிப்புகள்	153
2.11.7.	இரண்டாவது ஒலிச்செறிவு நிலைமாற்ற ஒலியியக்கக் குறிப்பு	154
2.11.8.	ஒலிப்பிடத்திற்கான இரைச்சல் வடிகட்டுதல் குறிப்பு	156
2.11.9.	பேச்சு கேட்டலும் ஒலியக்கக் குறிப்பின் இணைப்பும்	157
2.12.	சுருக்கவுரை	156
3	இயல் 3: தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் மற்றும் ஒலியிக்கவியல் ஆய்வு	160
3.1.	முன்னுரை	160
3.2.	ஒலியியல் ஆய்வு	160
3.3.	ஒலிப்பியல் ஆய்வு	162
3.3.1.	ஒலியுறுப்புகள்	162
3.3.2.	மூச்சோட்ட இயக்கம்	167
3.3.3.	ஒலிப்பிகள்	168
3.3.4.	ஒலிப்பிடம்	169
3.3.5.	ஒலிப்புமுறை	169
3.3.6.	ஒலிப்பு வருணனை	170
3.3.7.	தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு	175
3.7.1	உயிரொலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு	175
3.7.2	மெய்யொலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு	176
3.4.	தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு	177
3.4.1	தமிழ் ஒலியியக்கவியல் பற்றிய முந்தைய ஆய்வுகள்	178
3.4.2	தமிழ் ஒலியியக்கவியல் பற்றிய தற்போதைய ஆய்வு	178

3.4.2.1	தமிழ் உயிர்களின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு	180
3.4.2.1.1	அ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	182
3.4.2.1.2	ஆ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	183
3.4.2.1.3	இ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	184
3.4.2.1.4	ஈ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	185
3.4.2.1.5	உ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	186
3.4.2.1.6	ஊ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	187
3.4.2.1.7	எ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	188
3.4.2.1.8	ஏ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	189
3.4.2.1.9	ஒ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	190
3.4.2.1.10	ஓ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	191
3.4.2.2	மெய்யொலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள்	192
3.4.2.2.1	ப்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு	197
3.4.2.2.2	த்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	198
3.4.2.2.3	ட்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும்	199

	நிறமாலை வரைவு	
3.4.2.2.4	ச்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	200
3.4.2.2.5	க்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	201
3.4.2.2.6	ம்-வின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	202
3.4.2.2.7	ந்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	203
3.4.2.2.8	ன்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	204
3.4.2.2.9	ண்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	205
3.4.2.2.10	ஞ்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	206
3.4.2.2.11	ங்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	207
3.4.2.2.12	ர்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	208
3.4.2.2.13	ற்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	209
3.4.2.2.14	வ்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	210
3.4.2.2.15	ழ்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	211
3.4.2.2.16	ய்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	212

3.4.2.2.17	ல்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	213
3.4.2.2.18	ள்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலை வரைவு	214
3.5.	சுருக்கவுரை	214
4.	இயல் 4: உரையிலிருந்து பேச்சாக்கம்	216
4.1.	அறிமுகம்	216
4.2.	உரையிலிருந்து பேச்சு	217
4.2.1.	ஒலியன்களும் ஒலியன் விதிகளும்	217
4.2.2.	ஒலியன் விதிகளும் முற்றுநிலை மாறிகளும்	219
4.2.3.	உரையிலிருந்து பேச்சுக்கு வேண்டி உரையை ஒலியன்களுக்குப் பொருத்துதல்	219
4.2.3.1.	உச்சரிப்பு அகராதிகள்	220
4.2.3.2.	அகராதியை நோக்குவதற்கு அப்பாற்பட்ட உரை ஆய்வு	220
4.2.3.3.	முற்றுநிலைமாற்றி அடிப்படையில் உச்சரிப்பு அகராதி	220
4.2.4.	உரையிலிருந்து-பேச்சில் மீக்கூறு	223
4.2.4.1.	மீக்கூறின் ஒலியியல் அல்லது ஒலியியக்கவியல் நோக்குகள்	223
4.2.4.2.	பேச்சு உருவாக்கத்தில் மீக்கூறு	224
4.3.	உரையிலிருந்து பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்	225
4.3.1.	பேச்சு	226
4.3.2.	பேச்சு உற்பத்தி	227
4.3.3.	பேச்சுக் கேட்புணர்வு	229
4.3.4.	பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் வரலாறு	230
4.4.	பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்க அணுகுமுறைகள்	236
4.4.1.	ஒலிப்பியல்சார் கூட்டிணைப்பாக்கம்	236
4.4.2.	ஒலிச்செறிவுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்	239
4.4.3.	ஒன்றிணைப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம்	241
4.4.4.	அலகுத்தேர்வுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்	244
4.4.5.	ஒலியிருமைக் கூட்டிணைப்பாக்கம்	245
4.4.6.	பொருண்மைக்களச் சிறப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம்	246
4.4.7.	எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம்	246
4.5.	பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க நெறிமுறைகளின் நிறைகளும் குறைகளும்	246
4.6.	உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்பாடுகள்	250

4.6.1.	இலக்கவெண்சார் நூல்படிப்பான்	251
4.5.2.	கைபேசி செய்தி படிப்பான்	251
4.6.3.	பேச்சு ஒழுங்குமுறை	251
4.6.4.	மருத்துவப்புலம்	251
4.6.5.	கேளிக்கைத் தொழில்	252
4.7.	சுருக்கவுரை	252
5.	தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கம்	254
5.1.	அறிமுகம்	254
5.2.	தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் பின்னடைவு	254
5.3.	தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் முயற்சிகள்	254
5.3.1.	பிலிப்ஸ் மற்றும் கூட்டளிகளின் உரையிலிருந்து பேச்சுமாற்றம்	260
5.3.1.1	முன்னுரை	260
5.3.1.2.	மொழிவிதிகள்	261
5.3.1.2.1.	தமிழ் எழுத்துக்கள்	261
5.3.1.2.2.	தமிழ் ஒலியியல்சார் விதிகள்	263
5.3.1.2.3.	தமிழ் மீக்கூறு விதிகள்	265
5.3.1.3.	நடைமுறைப்படுத்துதல்	265
5.3.1.3.1.	இணையாக் (ஆஃப்லைன்) கட்டம்	265
5.3.1.3.2.	இணைப்புக் (ஆன்லைன்) கட்டம்	268
5.3.1.3.3.	பயனர் இடைமுகம்	269
5.3.2.	உதயகுமார் மற்றும் கூட்டாளிகளின் தமிழுக்கான எழுத்திலிருந்து ஒலியனாக மாற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக் கற்றல்	270
5.3.2.1.	முன்னுரை	270
5.3.2.2.	தமிழ் எழுத்துமுறையும் ஒலித்தொகுதியும்	272
5.3.2.3.	விதி அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம்	274
5.3.2.4.	தீர்மானக் கிளை அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம்	274
5.3.2.4.1.	வரிசைப்படுத்தும் முறை	275
5.3.2.4.2.	தீர்மானக் கிளையமைப்புகளின் பயிற்சி	275
5.3.2.4.3.	தீர்மானங்களுக்கான கேள்விகள்	275
5.3.2.4.4.	ஒலிவரிசைகளின் உருவாக்கம்	276
5.3.2.5.	சோதனைகள்	276
5.3.2.5.1.	விதி அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு	277
5.3.2.5.2.	தீர்மானக் கிளையமைப்பு அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு	277

5.3.3.	அருண்குமாரின் தமிழ் உரை-பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக ஒழுங்குமுறை	278
5.3.3.1.	ஒழுங்குமுறைத் திட்டவரைவு	278
5.3.3.1.1.	ஒழுங்குமுறையின் மேலோட்டப் பார்வை	278
5.3.3.1.2.	ஒழுங்குமுறைக் கட்டமைப்பு	279
5.3.3.1.2.1.	பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கச் செயற்பாங்கு	280
5.3.3.1.2.2.	உரைச்செயற்பாங்கு	281
5.3.3.1.2.3.	இலக்கணவிதிகள்	282
5.3.3.1.2.4.	பேச்சுத் தரவு அடிப்படைத்தளம்	282
5.3.3.1.2.5.	ஒன்றிணைப்பாக்கம்	283
5.3.3.2.	நடைமுறைப்படுத்தல்	283
5.3.3.2.1.	உரைப்பகுபாய்வு	284
5.3.3.2.1.1.	முன்செயல் முறைப்படுத்தம்	285
5.3.3.2.1.2.	அசை பிரித்தல்	287
5.3.3.2.2.	இலக்கணவிதிகள்	289
5.3.3.2.3.	பேச்சுத் தரவு அடித்தளம்	292
5.3.3.2.4.	ஒன்றிணைப்பாக்கம்	294
5.3.3.2.5.	முடிவு	295
5.4.	சுருக்கவுரை	295
6.	இயல் 6: பேச்சிலிருந்து உரையாக்கம்	296
6.1.	அறிமுகம்	296
6.2.	பேச்சு ஒலிகளும் எழுத்துப்பெயர்ப்பும்	297
6.3.	தானியங்கு பேச்சுப் புரிதல்	299
6.4.	பேச்சுத் தொழில் நுட்பத்தின் மைல் கற்கள்	301
6.5.	பேச்சுச் செயலாக்கத்தின் வகைகள்	303
6.6.	பேச்சு அறிதலின் வகைகள்	303
6.7.	பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்களும் பயன்பாடுகளும்	305
6.8.	பொதுவான பேச்சுப்புரிதல் ஒழுங்குமுறை	306
6.9.	ஒலியக்க அளபுருவாக்கமும் மாதிரியாக்கமும்	307
6.9.1.	ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறாய்வு	308
6.9.2.	ஒலியக்க மாதிரிகள்	310
6.9.3.	தழுவல்	314
6.10.	சொல்சார் மற்றும் உச்சரிப்பு மாதிரியாக்கம்	316
6.11.	சுருக்கவுரை	318
7.	தமிழில் பேச்சிலிருந்து உரையாக்கம்	319

7.1.	அறிமுகம்	319
7.2.	தமிழில் பேச்சிலிருந்து உரை உருவாக்க முயற்சிகள்	319
7.2.1.	பேச்சுத்தரவுகள்	319
7.2.2.	தமிழுக்கான அசை அடிப்படையிலான தொடர்ச்சியான பேச்சு அறிவான்	320
7.3.	சுருக்கவுரை	323
8.	இயல் 8: முடிவுரை	324
	துணைநூல் பட்டியல்	326

இயல் 1 அறிமுகம்

ஒலி இயக்கவியல் ஒலிகளின் ஒலி இயக்க அமைப்பை ஆராய்கிறது. இதைத் தவிர ஒலிகளைப் பேச்சு உறுப்புக்களால் உருவாக்கும் முறை அடிப்படையிலும் கேட்கும் இயல்பு அடிப்படையிலும் கொண்டும் விளக்கலாம். ஒலியியக்கவியல் பேச்சொலியின் பௌதீக தன்மையை (physical properties) ஆராய்கின்றது. நாம் அன்றாடம் பல ஒலிகளைக் கேட்கின்றோம். இவற்றில் ஓர் ஒலியை மற்றொரு ஒலியிலிருந்து வேறாக நாம் கேட்டுணர்வதற்கு முக்கியக் காரணமாக அமைவது அதன் ஒலியியக்கக் கூறுகளாகும்.

ஒலியன்கள் வேறுபட்ட ஒலி உருபடுத்தங்களின் பொதுமையாக்கம் ஆகும். ஒலிகள் உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள் என ஒலிப்பு அடிப்படையில் இரண்டு வகைப்படும். மெய்யொலிகள் அவற்றின் ஒலிப்பு அடிப்படையில் ஈரிதழ் ஒலி, பல்லொலி, இதழ்பல்லொலி, அண்பல் ஒலி, அண்ண ஒலி, நடு அண்ண ஒலி, கடை அண்ண ஒலி, தொண்டை ஒலி என வகைப்படுத்தப்படும். ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் வெடிப்பொலி/ அடைப்பொலி, மூக்கொலி, உரசொலி, மருங்கொலி, வருடொலி, ஆடொலி, அரையொலி என வகைப்படுத்தப்படும். ஒலிப்பிடங்களையும் ஒலிப்புமுறைகளையும் இணைத்து ஒலிகள் வேறுபட்ட ஒலிகளாகப் பாகுபடுத்தப்படும். உயிரொலிகள் அவற்றின் ஒலிப்பிடம் அடிப்படையில் முன் உயிரொலி, நடு உயிரொலி, பின் உயிரொலி எனப் பிரிக்கப்படும். அவை ஒலிக்கும் போது பேச்சுக்குழலில் ஏற்படும் வடிவ அடிப்படையில் மூடிய உயிரொலி, அரைமூடிய உயிரொலி, அரைதிறந்த, திறந்த ஒலி என பிரிக்கப்படும். உதடுகளின் வடிவம் அடிப்படையில் குவி இதழ் உயிரொலி, குவியிலா இதழ் உயிரொலி என வகைப்படுத்தப்படும். இந்த மூன்று வகையான அளவீடுகளின் அடிப்படையில் உயிரொலிகள் வேறுபடுத்தப்படும். குரல்வளை ஒலிப்பு அடிப்படையில் ஒலிகள் குரலொலி, குரலிலா ஒலி என பகுக்கப்படும். மெய்யொலிகளும், உயிரொலிகளும் இணைந்து அசைகளை (syllables) உருவாக்கும். சொற்களை அசைகளாகப் பிரிப்பது “அசையாக்கம்” (syllabification) என்று அழைக்கப்படும்.

ஒலிப்பியல் தொடர்பான பண்புக்கூறுகள் ஒலியியக்கவியலின் பண்புகூறுகளாகப் பிரதிபலிப்பதை நாம் காணலாம். பேச்சு உறுப்புகளின் அசைவுகளால் அவற்றைச் சுற்றியுள்ள

காற்றணுக்கள் அதிர்வடைகின்றன. காற்றணுக்களின் அதிர்வுகள் அலைகளாய்ப் பரவும். இவ்வதிர்வை நிகழ்வெண்களாகக் கணக்கிட்டு அளந்துகொள்ளலாம். ஒலிகளின் பல்வேறு ஒலியியக்க அமைப்பை ஆராய ஸ்பெக்டோகிராஃப் (spectrograph) என்ற கருவி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதன் மூலமாகத் தான் ஒலியியக்கவியல் அறிஞர்கள் ஒலிகளின் ஒலியியக்கக் கூறுகளை அறிகின்றனர். பேச்சொலிகளின் பண்பு நலன்களை ஒலியாராய்ச்சிக் கருவிகளின் மூலம் கண்டறிவதே ஒலி இயக்கவியலின் முக்கிய நோக்கமாகும். இவ்வொலியியக்கவியல் ஆய்வு இன்று பயன்பாட்டு அடிப்படையில் உரையிலிருந்து பேச்சாய்வு, பேச்சிலிருந்து உரை ஆய்வு என வளர்ந்துள்ளது.

ஒரு மொழிக்கு எழுத்துக்களும் அவற்றை உச்சரிப்பதற்கான ஒலிகளும் முக்கியம் ஆகும். ஒரு செய்தி எழுத்து வடிவமாக இருப்பதை அதன் வரி வடிவத்தில் உள்ளது என்கிறோம். ஒரு மொழியில் உள்ள எழுத்திற்கும் அதாவது வரி வடிவத்திற்கும் ஒலி அளவிற்கும் உள்ள தொடர்பினைக் கண்டறிய வேண்டும். அதுபோன்று எழுத்துக் கூட்டுகளுக்கும் (letter units) ஒலி அலகுகளுக்கும் (sound units) உள்ள தொடர்பினைக் கணிதச் சூத்திரமாக வரையறை செய்ய வேண்டும். அதே போல் ஒலி அகராதியைக் கணிப்பிட்டுத்த வேண்டும். இங்கு எழுத்துக் கூட்டு என்பதை உருபன் (morpheme) என்று கூறுகிறோம். மேற்கண்டவாறு வரிவடிவமான உருபன்களுக்கும் ஒலிவடிவமான ஒலியன்களுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்புகளை வரையறுப்பதாலும் ஒலி அகராதியைக் கணிப்பொறிப் பயன்படுத்துவதாலும் பேச்சிலிருந்து எழுத்து வடிவ உரையை உருவாக்க இயலும். இவ்வாறு பேச்சிலிருந்து எழுத்து வடிவ உரையை உருவாக்கும் முறையே உரையிலிருந்து பேச்சு (text to speech) எனப்படும்.

இத்தகைய அமைப்பினை உருவாக்குவதற்கு கணிப்பொறி பொருட்கள் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. இம்மென்பொருட்களைப் பயன்படுத்தி கணிப்பொறியில் ஒலிவாங்கி (mike) மூலம் பேசினால் பேச்சானது எழுத்து வடிவமாக மாற்றம் செய்யப்பட்டு உரை வடிவில் கிடைக்கும். இதற்கான ஆய்வுப் பணிகள் நடைபெற்று வருகின்றன. ஆங்கிலத்தைப் பொறுத்தவரையில் இந்த ஆய்வுப் பணிகள் நன்கு வெற்றி பெற்றுள்ளன. இது போன்று பிற மொழிக்கான அமைப்புகள் உருவாக்குவதற்குக் கணிப்பொறி அறிவியாரும் மொழியியல் நிபுணர்களும் இணைந்து பணியாற்றுகின்றனர். தமிழில் இத்தகைய முயற்சிகள் கூறத்தக்க அளவு வெற்றி பெற்றுள்ளன.

தனியங்கு பேச்சறியும் முக்கிய செயல்பாடு ஒலியியக்க அலைவடிவத்தினை உள்ளீடாக ஏற்றுச் சொற்களின் கோர்வையை வெளியீடாக உற்பத்தி செய்வதாகும். உரையிலிருந்து பேச்சுருவாக்கம் என்ற செயல்பாடு உரைச் சொற்களின் கோர்வையை உள்ளீடாக ஏற்று அலைகளை வெளியீடாக பெறுவதாகும்.

பேச்சுச் சொல் என்பது பேச்சின் சிறு அலகுகளால் ஆனது. பேச்சாய்வு ஒலி அடிப்படையிலான எழுதும் ஒழுங்குமுறையில் உள்ளுறையும் கருத்துக்களையும் ஒலியியக்கவியலின் எல்லாத் தற்காலக் கோட்பாடுகளையும் உள்ளடக்கும் கோட்பாடு ஆகும். பேச்சறிதல் மற்றும் பேச்சுருவாக்கத் தொழில் நுட்பங்களையும் கணினி ஒலியனியியல் (computational phonology) என்ற தொடர்புள்ள மொழியியலின் கிளையையும் அறிந்து கொண்டால் பேச்சு உருவாக்கம் மற்றும் உரை உருவாக்கம் இவற்றின் பரிமாணம் என்ன என்பதை அறிந்து கொள்ளலாம்.

இயல் 2 ஒலியியக்கவியல்

2.1. அறிமுகம்

பேச்சொலியை ஆராயும் முறையை ஒலியியல் (phonetics) என்கிறோம். பெரும்பாலான மொழிகளில் எழுதும் முறை, பேசும் முறையோடு ஒத்திருப்பதில்லை. ஏனென்றால், பேசும் பொழுது எழும் ஒலிகளை எல்லாம் தமிழ் வரி வடிவில் எழுதிக் காட்டுவதில்லை. அதேபோன்றுதான் ஆங்கிலத்தில் பேசும் முறைக்கும் எழுதும் முறைக்கும் வேறுபாடுகள் உள்ளன. பேசுவதை ஒலிமுறை தவறாமல் எழுதிக்காட்டும் கலை ஒலிபெயர்ப்பாகும். ஒலிவுறுப்புகளால் எழுப்பப்பெறும் எல்லா ஒலிகளையும் ஒன்று விடாமல் விளக்குவது ஒலியியலின் முக்கிய வேலையாகும்.

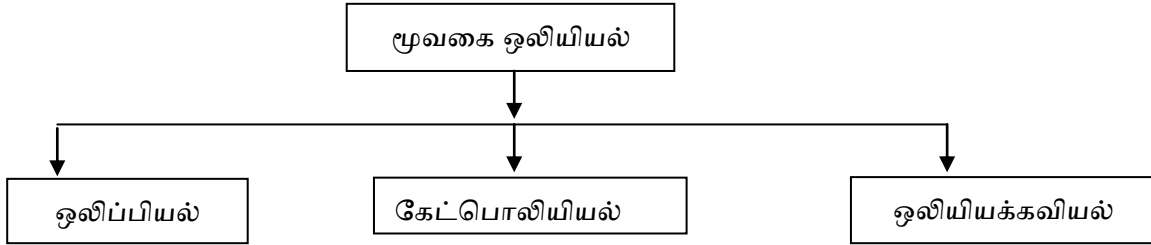
ஒலிகளைக் கற்றுக்கொண்டால் அதன்படி நாம் பல பயன்களை அடைய இயலும்.

- ❖ ஒலி உறுப்புகளின் வகை, அவ்வுறுப்புகளின் தொழில் இவைகளை அறிந்திருந்தால் அதன் மூலம் நாம் பிறமொழியில் உள்ள ஒலிகள் எவ்வாறு எழுகின்றன என்பதனை வகைப்படுத்தி எளிதில் உணர்ந்து கொள்ளமுடியும்.
- ❖ பிறமொழியில் காணப்படும் பல்வேறு ஒலிகளை, அவற்றில் ஒன்றனோடு ஒன்றுக்குள்ள தொடர்பு, தொழில் ஆரய்ந்து வகைப்படுத்திக் கொள்ளமுடியும்.
- ❖ இதன் அடிப்படையில் அம்மொழியை எளிதில் அவனால் புரிந்து கொள்ள முடியும்.

ஒரு மொழியில் எல்லா ஒலிகளும் இருப்பதில்லை. ஒவ்வொரு மொழியிலும் சிற்சில ஒலிகளே இருக்கின்றன. சில மொழிகளில் பழக்கமில்லாத புது ஒலிகளும் தோன்றுகின்றன. ஆனால் ஒலி இயலைப் பற்றி நன்கு அறிந்தவருக்கு அப்புது ஒலியையும் எளிதில் வகைப்படுத்தி அவ்வொலியின் பிறப்பை அவரால் அறிந்துக் கொள்ள முடியும்.

ஒலிகளை அதன் பிறப்பு, காற்றில் பரவுதல், காதால் உணர்தல் போன்ற அடிப்படையில் மூன்றாகப் பிரிக்கலாம். இதன் அடிப்படையில் ஒலியியலை (phonetics) ஒலிப்பியல் (articulatory

phonetics), கேட்பொலியியல் (auditory phonetics), ஒலியியக்கவியல் (acoustic phonetics) என மூன்றாகப் பகுக்கலாம்.



ஒலி இயக்கவியல் ஒலிகளின் ஒலி இயக்க அமைப்பை ஆராய்கிறது. இதைத் தவிர ஒலிகளை கேட்கும் இயல்பைக் கொண்டும் விளக்கலாம். இதில் பேச்சொலியின் பௌதீக தன்மையை (physical properties) ஆராய்கின்றனர். நாம் அன்றாடம் பல ஒலிகளைக் கேட்கின்றோம். இவற்றில் ஒர் ஒலியை மற்றொரு ஒலியிலிருந்து வேறாக நாம் கேட்டுணர்வதற்கு முக்கிய காரணமாக அமைவது அதன் ஒலியியக்க அமைப்பாகும். ஒலியுறுப்புகளின் அசைவுகளால் அங்குள்ள காற்றணுக்களில் உண்டாகும் அதிர்ச்சி, அதனால் ஆகாயத்தில் உள்ள காற்றில் உண்டாகும் அதிர்ச்சி ஆகிய இவைகளை ஆராய்கின்றனர். ஒலி அலைகளாய் வரும் இவற்றை அளந்து கணக்கிடலாம். ஒலிகளின் பல்வேறு ஒலி இயக்க அமைப்பை ஆராய ஸ்பெக்டோகிராஃப் (spectrograph) என்ற கருவியை பயன்படுத்துவதன் மூலமாகத் தான் ஒலியியல் அறிஞர்கள் அவற்றின் செயல்பாட்டை அறிகின்றனர். பேச்சொலிகளின் பண்பு நலன்களை ஒலியாராய்ச்சிக் கருவிகளின் மூலம் கண்டறிவதை விளக்குவதே ஒலி இயக்கவியலின் முக்கிய நோக்கமாகும்.

இவ்வியல் டி.பி.ஃரை (Fry 1979) எழுதிய 'The Physics of Speech', பீட்டர் லேஃபோகட் (Ladefoged 1996) எழுதிய 'Elements of Acoustic Phonetics' மற்றும் இராசேந்திரன் (இராசேந்திரன் 2000) எழுதிய 'ஒலியியக்கவியல்' என்ற நூற்களின் அடிப்படையில் எழுதப்பட்டது. ஒலியியக்கவியல் குறித்த விரிவான விளக்க நூல் தமிழில் இல்லாததை இவ்வியல்

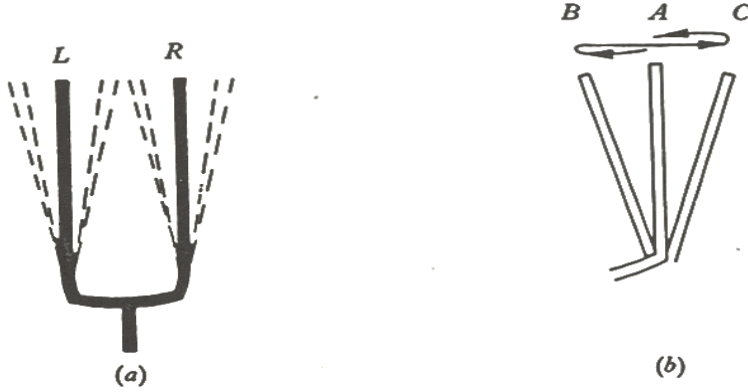
நிறைவு செய்யும். இது பின்னர் வரும் இயல்களுக்கு, குறிப்பாக தமிழ்ப் பனுவலிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்திற்கு அடிப்படையான கருத்துக்களை விளக்கும்.

2.2. ஒலியின் உருவாக்கம்

வாழ்க்கையின் ஒரு உண்மை என்னவென்றால் இயற்கையில் இல்லாத நிலையிலிருந்து ஏதேனும் ஒன்றைப் பெற இயலாது. பௌதிக வேலை செய்யப்பட வேண்டுமானால் அதற்குச் சக்தி அளிக்கப்பட வேண்டும். வேலை இந்தச் சக்தியை ஒரு வடிவத்திலிருந்து மற்றொரு வடிவத்திற்கு மாற்றுவதை உள்ளடக்கும். ஒலியை உற்பத்தி செய்தல் ஒரு பௌதிக வேலையாகும். எனவே இது சக்தியின் பொருத்தமான மூலத்தைப் பொறுத்து அமைகிறது. வாசிப்பவர் எல்லோரும் சிம்போனி ஆர்கெஸ்ட்ராவில் ஈடுபடுவதைப் பார்ப்பது இதன் நல்ல எடுத்துக்காட்டாகும். நூறுபேர்கள் ஒரே நேரத்தில் இயக்கத்தில் ஈடுபடுவர். மூன்றில் ஒரு பகுதி பேர் தமது வலது கையை முன்னும் பின்னும் நகர்த்திக்கொண்டிருப்பர். நான்கில் ஒரு பகுதி பேர் ஊதிக் கொண்டிருப்பர். மீதிருக்கும் ஐந்து விழுக்காடு பேர் ஒரு கையையோ இரு கையையோ பயன்படுத்தி அடித்துக் கொண்டிருப்பர். இது சக்தியின் மூலமாகும். இது ஒருங்கிணைந்த இசை நிகழ்ச்சி ஒலியாக மாற்றப்படும். எல்லோரும் மிக மெதுவாக வாசிக்கும் படி ஒலி குறைக்கப்பட்டால் மிகக் குறைந்த சக்தி செலவழிக்கப்படும் என்பது வெளிப்படையானது; எல்லா இசை வாசிப்பவரும் தலைமை வாசிப்பவரைத் தனியே வயலின் வாசிக்க விட்டு ஓய்வெடுத்தால் சக்தி மிகக்குறைவாக இருக்கும் ஆனால் சக்தி ஒரு வலது கையால் தரப்படுவது தொடரும்.

பல இசைக்கருவிகள் ஒரே நேரத்தில் வாசிக்கப்படுவதன் காரணமாக முழு ஆர்கெஸ்ட்ராவால் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒலி அன்றாட அர்த்தத்தில் கலவைத் தன்மையுடையதாகும். அதைப் புரிந்து கொள்வது எளிதல்ல. கலைச்சொல் அர்த்தத்தில் வயலினைத் தனியாக வாசிப்பதால் உருவாகும் ஒலி கூட கலவைத் தன்மை உடையதாகும். நாம் ஒலி உற்பத்தியின் விவாத விளக்கத்தைத் தொடங்க வேண்டி ஒலியின் எளிய வகையான இசைக்கவடியின் ஒலியை எடுத்துக்காட்டாக எடுத்துக் கொள்வோம். நாம் இசைக்கவடியை அதன் அடியில் பிடித்து கையில் வைத்திருந்தால் கவடியின் கிளை இயங்காது. ஓய்வு நிலையில் இருப்பதன் காரணமாக அது ஓசையை உருவாக்குவதில்லை. ஒலி உற்பத்தி செய்ய சக்தி தரப்படவேண்டும்; இது கவடியை முட்டியிலோ மேஜையிலோ அடிப்பதால் செய்யப்படும். கவடியின் ஒரு கிளையை அடிப்பதால் கவடியின் இயக்கம் தொடங்கப்பெறும்; இது படம் 1 a-யில் காட்டியுள்ளது போன்று கவடிக் கிளையின் அதிர்வை உருவாக்கும்.

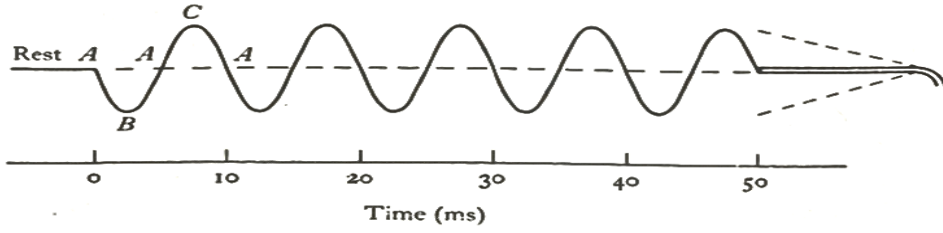
படம் 1: இசைக்கவடிக் கிளைகளின் இயக்கம் (Fry 1979: 6)



இசைக்கவடியின் கிளையை அடித்து அளிக்கப்படும் சக்தி உலோகத்தில் சேகரிக்கப்படுகிறது. அது இடது மற்றும் வலது கிளைகளில் முன்னும் பின்னுமாக அசைவுகளுக்குச் செலவழிக்கப்படுகின்றது. நாம் படத்தை நெருக்கமாக கவனித்து என்ன நடக்கின்றது என்பதை ஆயலாம். இதில் வலது கவடிக்கிளையின் அசைவு காட்டப்பட்டுள்ளது. கவடிக்கிளை அடிக்கப்படுவதற்கு முன்னர் அதன் நிலை A எனக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இது தொடக்க ஓய்வு நிலையாகும். அடிப்பது அதை இடது புறமாக B என்று அடையாளப்படுத்தப்பட்ட நிலை வரை இயங்கச் செய்யும். Aக்கும் Bக்கும் உள்ள தூரம் அடிக்கும் விசையைப் பொருத்திருக்கிறது. கூடுதலாக விசை தரப்பட்டால் கிளையும் கூடுதல் தூரம் நகரும். இயற்கையில் நடக்கும் எந்த நிகழ்வையும் போல கிளை மீண்டும் உடனடியாகத் தன் தொடக்க நிலைக்கு வர முயலும்; அதாவது கிளை Bயிலிருந்து மீண்டும் Aக்கு வர முயலும். இந்த இயக்கத்தின் போது கிளை கூடுதல் வேகம் பெற்று Aஇல் நிற்காமல் Cவரைச் செல்லும். இந்த நிலையில் அது தனது ஓய்வு நிலையிலிருந்து விலகி இருப்பதால் அது மீண்டும் A நிலைக்குத் திரும்ப முயற்சிக்கும்; மீண்டும் கூடுதல் வேகம் பெறுவதால் B வரைச் செல்லும். நமது தேவைக்காக Aக்கும் Cக்கும் உள்ள தூரம் Aக்கும் Bக்கும் உள்ள தூரத்திற்குச் சமமானது என்று எண்ணலாம் (இது உண்மையில் அப்படியல்ல). இவ்வாறு கிளை Aயிலிருந்து Bக்கும், Bயிலிருந்து Cக்கும், Cயிலிருந்து Aக்கும் திரும்பத் திரும்பப் பயணிக்கும். இந்த அசைவு இருகிளைகளிலும் நிகழும். இந்த இயக்கம் இடது கிளையால் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றது; இந்த சீரான இயக்கங்கள்தாம் ஒலியை உருவாக்கும் கவடியின் அதிர்வுகளை உள்ளடக்கும். Aயிலிருந்து B, Bயிலிருந்து A, A யிலிருந்து C, Cயிலிருந்து A என்பன இயக்கத்தின் ஒரு வட்டத்தை உருவாக்கும்;

இது பல தடவை திரும்பிச் செய்யப்படும். Aயிலிருந்து Bக்கான அல்லது Aயிலிருந்து Cக்கான தூரம் கவடிக்கிளையின் இடப்பெயர்ச்சியாகும். இந்த தூரம் மிகக்குறைவானது என்றாலும் சாதகமான சூழலில் இதை அளக்கலாம். நாம் கவடியின் அசைவு சீரானது என்கிறோம். அதாவது இயக்கத்தின் ஒவ்வொரு சுற்றும் ஒரே நேரத்தை எடுக்கும்.

படம் 2: இசைக்கவடியின் இயக்கத்தைக் காட்டும் வளைவு (Fry 1979: 8)

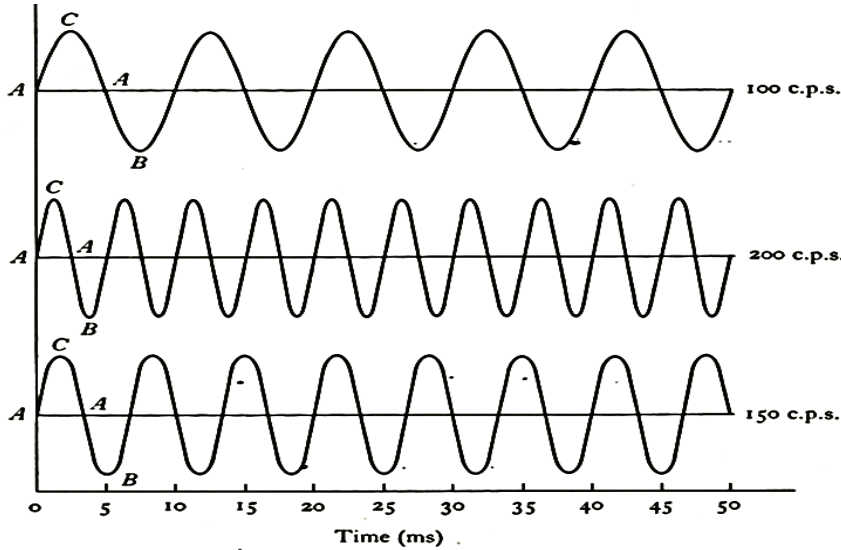


நாம் இசைக் கவடியின் கிளையில் பென்சிலை இணைத்து இசைக்கவடிக் கிளையின் இயக்கத்தைக் காசித்தத்தில் வரையலாம். படம் 2இல் இதன் விளைவு காட்டப்பட்டுள்ளது. காசித்தத்தில் பதிவு வலது பக்கத்திலிருந்து இடது பக்கத்தில் செல்கின்றது; முதலாவதாகப் பதிவு செய்யப்படுவது கவடி ஒய்வில் இருக்கும் போது வரையப்பட்ட நேர்கோடாகும். A என்ற இடம் வரை படத்தில் இந்த கோட்டின் புள்ளியிடப்பட்ட தொடர்ச்சியாகக் கட்டப்பட்டுள்ளது; இதன் படி வளைகோடு இந்தக் கோட்டைச் சந்திக்கும் ஒவ்வொரு கணத்திலும் கவடியின் கிளை A என்ற இடத்தைக் கடந்துள்ளது எனலாம். இசைக் கவடி அதிரத் தொடங்கும் போது முதலாவது இயக்கம் மையத்தை நோக்கியதாகும்; வளைகோடு Aயிலிருந்து Bஐ நோக்கி வரையப்படும் இது பின்னர் Aக்கும் திரும்பும்; பின்னர் Cக்கும் மற்றும் Aக்கும் வரையும்; இவ்வாறு மீண்டும் மீண்டும் வரையும். இயக்கத்தின் ஒரு சுற்று A-B-A-C-A என்ற தொடர்ச்சியாகும்.

வளைகோட்டிற்கு கீழே கால அளவை காட்டப்பட்டுள்ளது; அதிர்வு தொடங்கும் ஒவ்வொரு நேர்வும் 0 காலமாகப் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. நாம் இசைக் கவடி அதிர்கையில் பார்த்தால் இயக்கங்களைச் சுற்றுக்களாகக் காண்பது சாத்தியமில்லாததாகும் என்பதை உணர்வோம்; மிக விரைவாக இயங்குவதால் நாம் தெளிவின்மையைத்தான் காண்போம். காலத்தை அளப்பதற்கு நமக்கு மிகக் குறைந்த அலகு தேவைப்படுகின்றது. எனவேதான் அளவை காலத்தின் முன்னேற்றத்தை மில்லி செகண்டில் (ஒரு செகண்டிக் ஆயிரத்தில் ஒரு பாகம்) காட்டுகிறது. ஒரு சுற்று 10 மில்லிசெகண்டில் முடிக்கப்பெறுகின்றது. இதில் பாதி A-B-A இயக்கத்திற்கும் மறுபாதி A-C-A இயக்கத்திற்கும் எடுக்கப்படுகிறது. A-B என்ற இயக்கம் 2.5

மில்லி செகண்ட் எடுக்கின்றது. இது முழுச்சுற்றில் கால்பாகம் ஆகும். இயக்கத்தின் முழுச்சுற்று பல தடவை நிகழ்கின்றது (அதிர்வின் தொடக்கம் மட்டும் தான் காட்டப்பட்டுள்ளது); ஒவ்வொரு சுற்றும் ஒரே கால அளவை எடுக்கின்றது (10 மி.செ.). இயக்கத்தின் இந்தக் கூடுதலான ஒழுங்குமுறை காரணமாக இந்த இயக்கம் கால அளவு மாறாதது (periodic) என்று அழைக்கப்படும். அதிர்வுகளின் கால அளவு 10 மில்லி செகண்ட் ஆகும். ஒலியின் இந்த நோக்குப் பெரும்பாலும் ஒரு செகண்டில் எத்தனைச் சுற்றுகள் முழுமை பெறுகிறது என்பதைக் கால அளவிலிருந்து கணக்கிட்டு வெளிப்படுத்துகின்றது. இங்கு இசைக்கவடி ஒரு சுற்றுக்கு 10 மில்லிசெகண்ட் எடுப்பதால் இது ஒரு செகண்டில் 100 சுற்றுகளை முழுமையாக்கும். எனவே அதிர்வுகளின் நிகழ்வெண் (frequency of vibration) ஒரு செகண்டிற்கு 100 சுற்றுகள் ஆகும். இது cps (cycle per second) or (Heinrich Hertz) என்ற ஜெர்மன் இயற்பியல் அறிவியலாரின் நினைவாக HZ என்று சுருக்கப்படுகின்றது. ஒலியை அளப்பதற்குப் பயன்படும் மிக முக்கியமான அளவு நிகழ்வெண் (Frequency) ஆகும். இசைக் கவடிக்குக் வேறுபட்ட அதிர்வின் நிகழ்வெண்கள் (Different frequencies of vibration) இருக்கலாம். படம் 3 முன்னர் பார்த்த 100 சுற்று இசைக்கவடியையும் சேர்த்து மூன்று இசைக்கவடியின் கால வளைகோடுகளைக் காட்டுகின்றன. வளைகோடுகள் அதிர்வுகள் தொடங்கப்பெற்றபின் நிகழ்வுகளின் போக்கைக் காட்டுகின்றன. அவை மரபாக நேரடியான திசையில் விலகலுடன் (அதாவது C ஐ நோக்கி) தொடங்குகின்றன.

படம் 3 100, 200 150 cps அதிர்வெண்கள் கொண்ட சைன் அலைகள் (Fry 1979: 9)



காலம்

மீண்டும் மில்லி

செகண்டில் அளக்கப்படுகின்றது. முதலில் வரும் வளைகோடு செகண்டிற்கு 100 சுற்று என்ற கவடிக்கு உரியதாகும். நடு வளைகோட்டில் நாம் முதல் கவடி ஒரு சுற்று முடிக்கையில் இரண்டாவது கவடி இரண்டு சுற்றுகள் முடித்துள்ளதைக் காணலாம்; எனவே கால அளவு 5 மி.செ.; நிகழ்வெண் செகண்டிற்கு 200 சுற்றுகள்; இது முதலாவது கவடியைக்காட்டிலும் இரண்டு மடங்காகும். மூன்றாவது வளைக்கோட்டில் கால உறவுகள் சிக்கலானதாகும்; 20 மி.செ.-இல் இந்த கவடி மூன்று சுற்றுகளை முடித்திருக்கும்; 100 சுற்று கவடி இரண்டு சுற்றுகளை முடித்திருக்கும்; அதன் நிகழ்வெண் $100 \times 3/2$ ஆகும்; அதாவது செகண்டிற்கு 150 சுற்றாகும். ஒரு செகண்டை (1000 மி.செ.) 150-ஆல் வகுத்து நிகழ்வெண்ணிலிருந்து கால அளவைப் பெற இயலும்; இது 6.7 மி.செ. (சரியாக $6 \frac{2}{3}$ மி.செ.) என்ற மதிப்பைத் தரும்.

ஒலியின் அளக்கத்தக்க அடை அதன் நிகழ்வெண் ஆகும்; அளக்கப்படுவது ஒலியை உருவாக்கும் ஒரு பொருளின் பண்பாகும் என்பதை நாம் குறிப்பாகக் கவனிக்கவேண்டும். நாம் ஒலி தருகின்ற உணர்வுகளில் தான் மிக விருப்பம் உடையவராய் இருக்கின்றோம்; ஆனால் நாம் ஒலிக்கும் (அதாவது தூண்டலுக்கும்) உணர்வுக்கும் இடையே வேறுபாடு காணவேண்டும். நாம் படம் 3-இல் காட்டப்பட்டுள்ள நிகழ்வெண்களைக் கொண்ட மூன்று இசைக்கவடிகளின் ஒலியை அடுத்தடுத்து கேட்டால் நாம் ஒலிகளுக்கு இடையிலுள்ள வேறுபாட்டை கவனிப்போம். முதலாவது மிகத் தாழ்ந்த இசைமையையும் இரண்டாவது மிக உயர்ந்த இசைமையும் மூன்றாவது நடுத்தர இசைமையையும் கொண்டிருக்கும். இரண்டாவது முதலாவதைக் காட்டிலும் சரியாக ஒரு ஆக்டேவ் உயர்ந்ததாகும். நாம் அதிர்வின் நிகழ்வெண் அதிகரிப்பு உயர்ந்த இசைமையின் உணர்வுக்குக் கொண்டு செல்லும் எனப் பொதுவாகக் கூறலாம். 100 சுற்றுக்களால் நிகழ்வெண்ணை அதிகரிப்பது இசைமையில் ஒரு ஆக்டேவ் வேறுபாட்டை உருவாக்கும்; ஆனால் நாம் 200 சுற்று கவடியைக் காட்டிலும் கூடுதலாக ஒரு ஆக்டேவ் ஒலிக்கின்ற கவடியைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டுமென்றால் செகண்டிற்கு 400 சுற்றுகள் உள்ள (300 சுற்றுகள் அல்ல) நிகழ்வெண் கொண்ட ஒன்றைப் பெறவேண்டும். அதாவது நாம் மேலும் ஒரு தடவை நிகழ்வெண்ணை இரட்டிப்பாக்க வேண்டும். இது உணர்வுகளைத் தூண்டல்களுடன் உறவுபடுத்தும் பொது விதியை எடுத்துக்காட்டும்; உணர்ச்சியின் வடிவுடன் சேர்க்க வேண்டி தூண்டலின் பரிமாணம் பெருக்கப்பட வேண்டும். இசைமையில் ஒரு ஆக்டேவ் சேர்க்க வேண்டி நாம் அதிர்வின் நிகழ்வெண்ணை இரண்டால் பெருக்க வேண்டும்; நாம் எந்த நிகழ்வெண்ணில் தொடங்கினாலும் இது உண்மையாகும். 150 சுற்றுகளைக் கொண்ட மூன்றாவது கவடியின்

இசைமை என்ன? நாம் 100 சுற்று இசைக் கவடியின் முதல் ஒலியை எடுத்துக்கொண்டால் இசைமை அளவையின் do ஆக இருக்க 150 சுற்று கவடி இந்த doவுக்கு மேல் soஐ ஓசை செய்வதை (இசை ஐந்தாவதன் இசைமையில் அதிகரிப்பை) நாம் காணவேண்டும். இசைமையில் இந்த மாற்றத்தை விளைவிக்க, நாம் தூண்டலின் நிகழ்வெண்ணை 3/2ஆல் பெருக்க வேண்டும். செகண்டுக்கு 150 சுற்றுகளை 2ஆல் பெருக்குவது இந்த சுரத்திற்கு (note) மேலே ஆக்டேவாக 300 சுற்றுகளைத் தரும்; இது செகண்டிற்கு 200 சுற்றுகளுக்கு மேல் ஐந்தாவது ஒன்றாகும். இசை சுரமற்ற அளவை (musical diatonic scale) அட்டவணை 1-இல் காட்டியுள்ளது போன்று ஒழுங்கான வழியில் அதிர்வின் நிகழ்வெண்ணுடன் சுரங்கள் தொடர்பாக இருக்கிற இசைமை உணர்வின் அளவை ஆகும்.

அட்டவணை 1: சுர மாற்ற அளவையில் சுரங்களின் நிகழ்வெண் உறவுகள்(Fry 1979: 10)

	பெருக்குக் காரணி	சுரம்	நிகழ்வெண் (செகண்டிற்கு சுற்றுகள்)
Do	1	C	264
Re	9/8	D	297
Mi	5/4	E	330
Fa	4/3	F	352
Sol	3/2	G	396
La	5/3	A	440
Si	15/8	B	495
Do	2	C	528

நாம் எந்த நிகழ்வெண்ணையும் நமது தொடக்க இடமாக எடுக்கவும் விளைகின்ற ஒலியை அளவையின் do என அழைக்கவும் இயலும்; இந்த நிகழ்வெண்ணை அட்டவணையில் காட்டியுள்ள பின்னங்களால் பெருக்கி நாம் ஆக்டேவில் எல்லா சுரங்களையும் அடைகின்றோம். அவை இயற்கை அளவையுடன் பொருத்தமுடையதாகச் செய்யப்படும். பியானோ போன்ற

இசைக்கருவிகள் இதனுடன் கிட்டத்தட்ட ஒன்றாயிருக்கின்ற இசையைப் பயன்படுத்தும்; இதில் அரைச்சுரங்கள் (semitones) ஒரே வடிவில் இருக்கும்.

அட்டவணையில் காட்டியுள்ள எடுத்துக்காட்டுகள் இசைமையை நிகழ்வெண்ணுடன் தொடர்புபடுத்தும் குறிப்பு இடங்களைத் தருகின்றது; செகண்டிற்கு 440 சுற்றுகளின் நிகழ்வெண் ஆர்செஸ்ட்ராசார் A ஆகும்; இது முழு ஆர்செஸ்ட்ராவும் இசைக்கப்படுகையில் oboe என்பதால் ஒலிக்கப்படும்; நடு C செகண்டிற்கு 264 சுற்றுகளைக் கொண்டிருக்கும்.

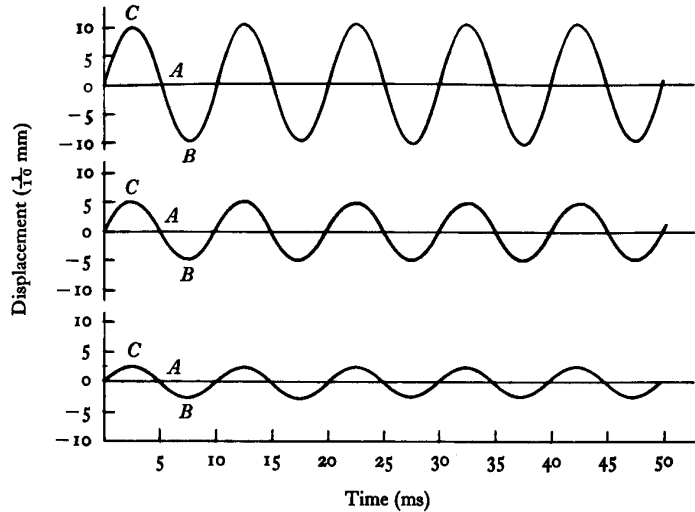
2.2.1 அதிர்வின் அலை வீச்சு (amplitude of vibration)

ஒவ்வொரு இயக்கத்தின் சுற்றிலும் இசைக்கவடியின் கிளை முதலில் ஒரு பக்கம் செல்லும் பின்னர் தொடக்க (ஒய்வு) நிலைக்குச் செல்லும். இந்த தூரம் நாம் இசைக்கவடியை எவ்வளவு விசையுடன் அடிக்கிறோம் என்பதைப் பொறுத்து இருக்கின்றது. ஆனால் இந்த தூரம் ஒத்தறி அடிப்படையில் மிகக் குறைவாகும். கவடிக்கிளையின் இடப்பெயர்ச்சியை அளக்கவேண்டும் என்றால் ஒரு மில்லிமீட்டரின் பத்துகளில் ஒன்று என்பது போன்ற கணக்கீட்டைக் கையாள வேண்டும். A நிலையிலிருந்து B நிலைக்கு அல்லது Aயிலிருந்து Bக்குச் செல்லும் தூரத்தின் அளவு அதிர்வின் வீச்சு (amplitude of vibration) என்று கூறப்படும்; படம் 1-இல் இசைக்கவடியின் அதிர்வின் வீச்சு காட்டப்பட்டுள்ளது; படம் 2-இலும் 3-இலும் கூடுதல் துல்லியமாக வரைபடமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது; நாம் உண்மையான இடப்பெயர்ச்சியின் அளவுகளைப் பதிவு செய்ய வேண்டுமென்றால் இதனுடன் ஒரு செங்குத்து அளவையையும் சேர்க்கவேண்டும்.

படம் மூன்றிலிருந்து இசைக்கவடிகளுக்கு மூன்று வேறுபட்ட நிகழ்வு எண்கள் இருக்கின்றன என்றும் ஆனால் Aஇலிருந்து Bக்கும் அல்லது Aஇலிருந்து Cக்கும் உள்ள தூரம் ஒன்று என்பதன் காரணமாக எல்லாவற்றிற்கும் வீச்சு ஒன்று என்றும் தெளிவாகத் தெரிகிறது. இதுவரை Aஇலிருந்து Bக்கும் உள்ள தூரம் Aஇலிருந்து Cக்கும் உள்ள தூரத்திற்குச் சமமானது என்று எடுத்துக் கொண்டோம்; மேலும் இது சுற்றுக்குச் சுற்று வேறுபடாது ஒன்றாகவே இருக்கும் என்றும் எடுத்துக் கொண்டோம். இது பெளதிக அடிப்படையில் சாத்தியமானதல்ல; நாம் அதிர்வின் வீச்சை ஒலியின் உணர்வுடன் தொடர்புபடுத்தினால் இதை உடனடியாக ஆமோதிக்க இயலும். நாம் கவடியை நன்றாக அடித்தால் நாம் கூடுதல் ஓசையான ஒலியையும் மெதுவாக அடித்தால் குறைந்த ஓசையான ஒலியையும் கேட்போம்; அதாவது தூண்டலின் வீச்சு ஓசையின் உணர்வுடன் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது; மேலும் கவடியை அடித்த பின் ஒலி மெல்ல மெல்ல

குறைந்து நின்றுபோவதையும் உணர்வோம்; கவடியின் கிளை இறுதியில் ஓய்வுக்கு வருவதுவரை வீச்சு குறைந்து கொண்டிருக்கும்; A என்ற இருப்பிலிருந்து இடப்பெயர்ச்சி இல்லை. இது சுற்றுக்குச் சுற்று Aஇலிருந்து Bக்கும், Aஇலிருந்து Cக்கும் உள்ள தூரங்கள் ஒன்றாக இருக்காது என்பதை உணர்த்தும்; ஆனால் இந்த மாற்றங்கள் மிக மெதுவாக நடைபெறுகின்றது; நமது வரைபடத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள வட்டங்களின் எண்ணிக்கைகளுக்கு வீச்சு குறைவது அளக்க இயலாதது. ஒரு மிதமான அடி கவடியை ஓய்வுநிலைக்கு வரும்முன் 200 சுற்றுகள் 2 நிமிடங்களில் அதிர்வுறச் செய்யும். நிகழ்வு எண்ணுக்கும் (frequency) இசைமைக்கும் (pitch) வேறுபாடு காண்பது முக்கியமாக இருப்பது போல் வீச்சுக்கும் ஓசைக்கும் வேறுபாடு காண்பது முக்கியம். வீச்சு இயக்கத்தின் சுற்றில் உச்ச இடப்பெயர்ச்சியைக் குறிப்பிடுவதால் அதன் அளவு தூரம் அடிப்படையில் அமையும். படம் 3 வேறுபட்ட நிகழ்வு எண் உள்ள ஆனால் ஒரே வீச்சு உள்ள மூன்று அதிர்வுகளைக் காட்டுகின்றது படம் 4 ஒரே நிகழ்வெண் உள்ள ஆனால் வேறுபட்ட வீச்சு உள்ள அதிர்வுகளின் வரைபடத்தைக் காட்டுகின்றது.

படம் 4 வேறுபட்ட வீச்சுகள் கொண்ட சைன் அலைகள்(Fry 1979: 12)



கால அளவைப் படிக்கும் போது ஒவ்வொன்றிலும் அதிர்வு 10 மில்லிசெகண்ட் நீள்கின்றது என்றும் எனவே நிகழ்வு எண் 100 cps என்றும் கண்டுகொள்கின்றோம். செங்குத்து அளவீட்டில் (vertical scale) அளக்கப்படுகிற இடப்பெயர்ச்சி ஒரு மில்லி மீட்டரில் பத்தில் ஒன்றாகும் (in tenths of a millimeter). நாம் இந்த அளவைக் காணும் போது நாம் தொடக்க (அல்லது ஓய்வு) நிலையிலிருந்து விலகி இருக்கும் இயக்கத்தின் திசையை வேறுபடுத்துவதில் கவனமாக இருக்க

வேண்டும்; ஒவ்வொரு அளவீட்டின் (scale) மேல் அரைப்பகுதிக்கு நேர்மறை (positive) மதிப்பீடும் கீழ் அரைப்பகுதிக்கு எதிர்மறை (negative) மதிப்பீடும் தரப்பட்டுள்ளது; தொடக்க நிலையைக் (ஓய்வு நிலையை) காட்டும் வரை/வரி இடப்பெயர்ச்சி இல்லாததால் 0-ஐக் குறிப்பிடும். முதல் வரைப்படத்தில் Aஇலிருந்து Cக்கான இடப்பெயர்ச்சி ஒரு மில்லி மீட்டரில் பத்தில் ஒன்றாகும்; அதாவது 1.0 மிமீ. இது (positive) திசையில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது போன்றே Bயின் திசையிலும் இது -10 ஆகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. நடுவரைப்படத்தில் அலைவீச்சு Cயின் திசையில் 5இலும் Bயின் திசையில் -5இலும் இருக்கிறது. கிழே உள்ள வரைப்படத்தில் அலைவீச்சு Cஇன் திசையில் -2.5இலும் Bயின் திசையில் -2.5இலும் இருக்கிறது.

அதிர்வு இயக்கத்தைப் பொறுத்த வரையில் நாம் அதன் நிகழ்வு எண்ணையும் அலைவீச்சையும் கணக்கிடுகையில் அவற்றின் பௌதிகப் பண்புகளை (physical attributes) வர்ணனை செய்தோம், நாம் இசைக்கவடியின் அதிர்வைத்தான் விளக்கினோம், இது ஒலியின் மிக எளிய (simplest) வகையாகும், இது பேச்சொலியின் கலவைத்தன்மைத் தன்மையிலிருந்து முற்றிலும் வேறுபட்டது. கலவைத்தன்மையான ஒலிகளை விளக்க அதிர்வு இயக்கத்தில் பல காரணிகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

2.2.2 தனி ஒலியியைபு இயக்கம்(simple harmonic motion)

இசைக்கவடியை அடித்தால் அது அதிரத் தொடங்கும் கவடியின் இந்த இயக்கம் ஒரு தொங்கும் குண்டின் (pendulum) அசைவுக்குச் சமமாக இருப்பதைக் காணலாம். கவடிக்கிளையின் இயக்கம் தொங்கும் குண்டின் இயக்கத்தைக் காட்டிலும் பல மடங்கு வேகமானது.

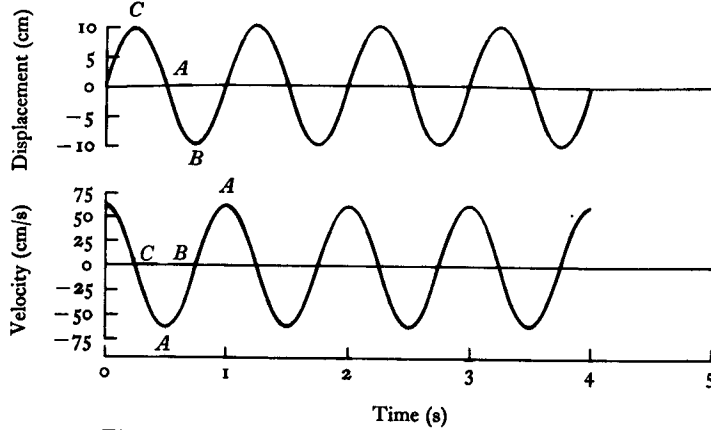
படம் 5: தொங்கு குண்டின் இயக்கம்(Fry 1979: 13)



இசைக்கவடியின் இயக்கத்தைப் போன்று A ஓய்வு நிலையாக (A தொடக்க நிலையாக) அடையாளப்படுத்துகின்றது. தொங்கு குண்டை ஆடச் செய்ய நாம் அதற்குச் சக்தி தர வேண்டும்; அதற்கு வேண்டி தொங்கு குண்டை அடிக்கத் தேவையில்லை; நாம் அதை ஏதாவது ஒருபக்கத்திற்கு இழுத்தால் போதுமானது. இந்த நிலையை B என்று எடுத்துக்கொள்வோம். புவியீர்ப்பு விசையால் குண்டு மீண்டும் A நிலையை அடையும் போது அது வேகமாக C நிலை வரைச் செல்லும். இவ்வாறு கவடிக்கிளை போன்று தொடர்ந்து இயக்கச் சுற்றுகள் நிகழும். தொங்கு குண்டின் ஆட்டம் சீரானதாகும்; அதாவது ஒவ்வொரு இயக்கச் சுற்றும் ஒரே காலத்தை எடுக்கும்; இது ஆட்டங்களின் (oscillations) அதிர்வை நிர்ணயிக்கும். இந்த அதிர்வு எந்த இசைக்கவடிகளைக் காட்டிலும் குறைவானதாகும்; இயக்கப்பட்ட தொங்குகுண்டு ஒரு இயக்கச் சுற்றிற்கு வினாடிக்குக் (second) குறைவான நேரத்தை எடுக்கும்; அதாவது ஆட்டங்களின் நிகழ்வு எண் விநாடிக்கு ஒரு சுற்றாகும் (1 CPS) மற்றும் காலநீட்சி (period) கூடுதலாகும்; நூலின் நீளத்தைப் பொறுத்து வேறுபடும். ஒரு தொங்குகுண்டு ஆடும் போது நாம் ஒலியைக் கேட்பதில்லை; ஏனென்றால் நம் காதுகளின் உணர்வைத் தூண்டும் அளவிற்கு அதிர்வெண்ணின் எல்லை போதுமானதாக இல்லை. தொங்குகுண்டின் இயக்கம் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கையில் சீக்கிரத்தில் முடிவுக்கு வருகிறது. எடுத்துக்காட்டாக அது ஓய்வு நிலைக்கு வருமுன் இயக்கத்தின் 50 முதல் 100 வரை சுற்றை முடித்திருக்கலாம்.

நாம் இயக்கத்தின் வீச்சு குறைவதையும் கண்ணால் பார்க்கலாம். ஆனால் தொங்குகுண்டின் இடப்பெயர்ச்சி காலக்கிரமத்தில் மாறுவதைக் கவனிக்கவும்; ஒவ்வொரு சுற்றிற்கு எடுக்கும் நேரம் மாறவில்லை; அது நிலையாக இருக்கிறது. ஒரு இசைக்கவடியின் சுற்று 10 மில்லி செகண்ட் எடுக்கலாம்; ஆனால் நாம் கால அளவீட்டில் பொருந்தினால் இரண்டின் வளைவுகளும் ஒன்றுபோல் இருக்கும்.

படம் 6 தொங்குகுண்டின் இடப்பெயர்ச்சி வேகம் இவற்றின் வளைவுகள் (Fry 1979: 14)



தொங்குகுண்டின் இயக்கம் கண்ணுக்கு தெளிவாகத் தெரிவதால் அது Aஇலிருந்து Bக்கும் Aஇலிருந்து Cக்கும் பயணிக்கிறது தெரியும். மேலும் அது இசைக்கவடியை விடக் கூடுதல் நேரம் எடுப்பதும் தெரியும்; எனவே நாம் இடப்பெயர்ச்சி அளவை மாற்ற வேண்டி வரும். மேலும் தூரங்களை மில்லிமீட்டரில் பத்தில் ஒரு பாகத்திற்குப் பதிலாகச் சென்டி மீட்டரில் பதிவு செய்ய வேண்டி வரும்.

இசைக்கவடியும் தொங்குகுண்டும் செய்த இயக்க வகைக்கான கலைச்சொல் தனி ஒலியியைபு இயக்கம் (simple harmonic motion) ஆகும். இந்த இயக்கத்திற்கு வேறு ஒரு பண்பும் இருக்கிறது; அதைப் பரிசோதிப்போம். இது வரை தொங்குகுண்டு மற்றும் இசைக்கவடிக்கிளை இவை பயணித்த தூரத்தையும் திசையையும் பற்றிப் பேசினோம். இப்போது குறிப்பிட்ட நேரத்தில் தொங்குகுண்டோ இசைக்கவடியின் கிளையோ எவ்வளவு வேகமாகப் பயணிக்கிறது என்று பார்ப்போம். இதைத் தொங்குகுண்டின் இயக்கத்தில் காண்பது எளிது. தொங்குகுண்டு முதலில் இடது பக்கம் பயணிக்கின்றது; பின்னர் வலது பக்கம் பயணிக்கின்றது; எனவே திசையை மாற்றும் போது வெளிப்படையாக ஒவ்வொரு சுற்றிலும் இரண்டு வகையிலான இயக்கங்கள் இருக்கின்றன. அதைச் செய்யும் கணத்தில் அது நிலைக்கு வந்திருக்கும்; அதாவது அதற்கு வேகம் இருக்காது. அது மீண்டும் A -ஐ நோக்கிப் பயணிக்கும் போது அது வேகத்தை எடுக்கும்; அது A-ஐ கடக்கும் போது அது மிகக் கூடுதலான வேகத்தை எடுக்கும்; அதனால் தான் அது அங்கு நிற்காமல் C-ஐ நோக்கிப் பயணிக்கிறது. இடப்பெயர்ச்சிப் பற்றி பேசுகையில் B-ஐ நோக்கிய இயக்கம் அல்லது C-ஐ நோக்கிய இயக்கம் என்ற இரண்டு இயக்கங்களின் திசைக்களை

வேறுபடுத்தினோம்; வேகத்தைப் பொறுத்தவரையிலும் இவ்வாறு இரண்டு விதமாக இரண்டாக வேறுபடுத்த வேண்டும். நாம் விரைவு (velocity) என்ற சொல்லை ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் வேகத்தைக் குறிக்கப் பயன்படுத்துகின்றோம். மேலும் மரபைப் பயன்படுத்தி இயக்கம் B-ஐ நோக்கி நிகழும் போது விரைவு எதிர்மறை என்றும் C-ஐ நோக்கி நிகழும் போது நேர்மறை என்றும் கொள்கின்றோம். மேலே உள்ள வரைபடத்தில் தொங்குகுண்டு 10 செமீ A-இலிருந்து C-க்கும் நகர்வதைக் காட்டுகின்றது. எனவே இயக்கத்தின் ஒரு சுற்று செகண்டிற்கு 40 செமீ பயணிப்பதைக் குறிப்பிடும். அதாவது சராசரியாக ஒரு செகண்டிற்கு 40 செமீ பயணிப்பதைக் குறிப்பிடும்.

சில சமயங்களில் தொங்குகுண்டு மிக மெதுவாக நகர்வதும் அல்லது நிலையாக இருப்பதும் நமக்கும் தெரியும். எனவே தொங்குகுண்டு இதைச் சரிசெய்வதற்காக மிகக் கூடுதலான விரைவை (velocity) பிற நேரங்களில் அடையும். மிகக் கூடுதலான விரைவு 63 செமீ/செக கீழே உள்ள வளைவில் வரைப்படம் தொங்குகுண்டின் மாறுபடுகிற விரைவைக் (velocity) காட்டுகின்றது. இந்த வரைபடம் இடப்பெயர்ச்சி வரைபடத்தைப் போலவே இருக்கின்றது. ஆனால் காலத்தில் வேறுபடுகின்றது. இடப்பெயர்ச்சி கூடுதலாக இருக்கையில், அதாவது தொங்குகுண்டு C-இலோ B-இலோ இருக்கையில் விரைவு பூஜியமாகும், தொங்குகுண்டு Aயைத் தாண்டுகையில் விரைவு மிகக் கூடுதலாகும். தனி ஒலி இயைபு இயக்க (simple harmonic motion) எடுத்துக்காட்டில் இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் விரைவு வளைவுகள் எப்பொழுதும் இந்த வடிவைத் தான் கொண்டிருக்கும்; இரண்டு வளைவுகளுக்கு இடையில் எப்போதும் ஒரே காலத் தொடர்பு தான் இருக்கும்.

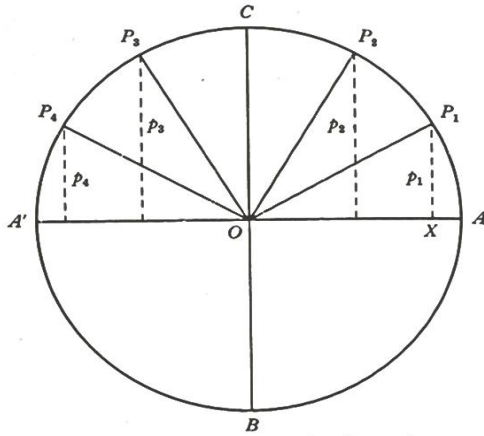
இந்த இடப்பெயர்ச்சி, விரைவு (velocity) மற்றும் காலம் இவற்றிற்கு இடையே உள்ள தொடர்பு வேறுபட்ட நிகழ்வு எண் மற்றும் வீச்சு கொண்ட இயக்கங்களுக்கும் நன்றாகப் பொருந்தும். தொங்குகுண்டின் இயக்கம் நிற்கையில் வீச்சு குறைகிறது; எனவே தொங்குகுண்டு பயணிக்கும் தூரம் குறைவாக இருக்கிறது. ஆனால் ஒரு சுற்றிற்கு அதே காலத்தை எடுப்பதால் விரைவின் பரப்பெல்லை மாறுகின்றது மற்றும் வளைவின் வடிவம் அப்படியே இருக்கின்றது. இவ்வாறு தொங்கு குண்டானது வேறுபட்ட வீச்சுகளுடன் வேறுபட்ட காலநீட்சிகளுடனும் (அதாவது நிகழ்வுஎண்களுடனும்) ஆடுகின்றது; மட்டுமின்றி நிகழ்வெண்ணிலும் வீச்சிலும் வேறுபடுகிற இசைக்கவடிகளுக்கும் இடப்பெயர்ச்சி மற்றும் இவற்றைக் காலத்துடன் தொடர்புபடுத்தும் வரைப்படங்களின் அடிப்படை வடிவுகள் ஒன்றுபோலவே இருக்கும். எல்லாம் தனி ஒலியியைபு இயக்கத்தின் (simple harmonic motion) எடுத்துக்காட்டுகள். இந்த வளைவின்

குறிப்பிட்ட வடிவு (particular shape of curve) அல்லது அலை வடிவு (wave form) ஒரு சைன் அலை என்று அழைக்கப்படுகின்றது.

2.2.3 சுற்று இயக்கமாக தனி ஒலியியைபு இயக்கம் (simple harmonic motion as circular motion)

இசைக் கவடி மற்றும் தொங்குகுண்டின் செயல் அலை செய்யும் இயக்கச் சுற்றுடன் சம்பந்தப்படுத்தப்பட்டது. இசைக்கவடியின் கிளை சுற்றை மீண்டும் மீண்டும் சுற்றி வந்து ஒரே இயக்கத்தை அல்லது சலனத்தை பல தடவை செய்வதோடு மட்டும் அல்லாமல் ஒரு நேர்கோட்டில் காட்டப்படும் வட்டமான இயக்கத்துக்கு (circular motion) தனி ஒலியியைபு இயக்கம் (simple harmonic motion) சமமானது என்பதும் இந்தச் சொல்லுக்குப் பொருத்தமானது ஆகும்.

படம் 7: வட்டத்தின் சுற்றளவில் ஒரு புள்ளியின் இயக்கம் (Fry 1979: 16)



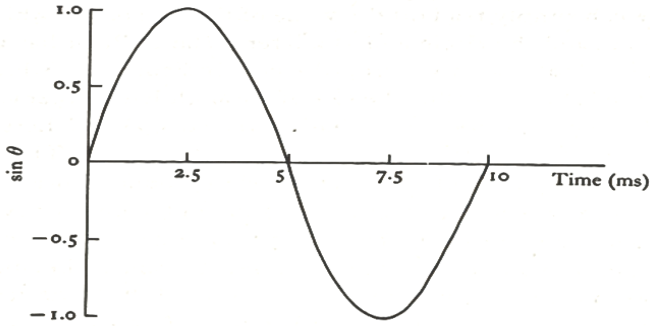
படம் 7-இல் ஒரு வட்டம் காட்டப்பட்டுள்ளது அதன் மையம் O ஆகும் மற்றும் அதன் ஆரம் (radius) r ஆகும். P என்ற புள்ளி அந்த வட்டத்தைச் சுற்றி சீரான வேகத்தில் கடிகார எதிர்த்திசையில் (anti clock wise direction) நகருவதாகக் கொள்ளவும். அது வட்டத்தைச் சுற்றிச்சுற்றிச் செல்லும்; வேகம் மாறாதது என்பதால் ஒவ்வொரு வட்டத்திற்கும் அல்லது இயக்கத்தின் சுற்றுக்கும் ஒரே கால அளவு போதுமானது. P ஒரு சுற்றைச் செய்யும் போது இயக்கத்தின் முன்னேற்றத்தை கூர்ந்து கவனிப்போம். நாம் படுக்கைக்கோட்டில் P என்பது A ஐ அடைவதிலிருந்து தொடங்குவோம். இந்தப்புள்ளி C என்ற இடத்தை நோக்கி மேலே செல்கின்றது. பின்னர் A' என்ற இடத்தை நோக்கி கீழே நகருகிறது. மேலும் B-க்கு

இறங்கிச்சென்று மீண்டும் Aஐ அடைகிறது. இந்தச் இயக்கம்/சலனம் சீராக இருப்பதால் ஒவ்வொரு கால் பகுதியையும் கடப்பதற்கு ஒரே நேரம் எடுக்கின்றது. இது ஒரு சுற்றிற்கு ஆகும் கால நீட்சியில் கால் பாகம் ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் P பயணித்த தூரம் கோண மாற்றத்தைப் பொறுத்திருக்கின்றது. ஒரு முழு வட்டத்திற்கு 360° கோணம் இருக்கிறது. ஒவ்வொரு கால் பகுதிக்கும் 90° கோணம் இருக்கிறது. எனவே P C-ஐ அடைகையில் அது கடந்த தூரம் 90° ஆகும். Aஇல் அது 180° ஐயும் B-யில் 270° ஐயும் கடக்கும். இந்த கோண இயக்கத்தை வெளிப்படுத்தும் வசதியான வழி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. P Aஇலிருந்து 30° கோணத்தை (P1) கடப்பதாக எடுத்துக்கொள்வோம் இதிலிருந்து ஒரு செங்குத்தானக்கோட்டை வட்டத்தின் கிடப்பு நிலை விட்டத்திற்கு வரையவும். இதன் நீளத்தைப் P எனக் கொள்வோம். Pக்கும் Oவுக்கும் உள்ள தூரம் ஆரம் r ஆகும். p/r என்ற விகிதம் திரிகோண விகிதம் ஆகும். இது வட்டத்தில் இருக்கும் கோணத்தின் ஸைன் (sine) ஆகும் அதாவது ஸைன் 30° ஆகும். நமக்கு P-இன் நீளமும் r-இன் நீளம் அறிந்தால், சைன் 30° இன் மதிப்பு = $p/r = .5$ ஆகும். P வட்டத்தைச் சுற்றிச் செல்கின்றது மற்றும் மற்றொரு நேர்வில் (P₂) அது 60° கோணத்தைக் கடந்திருக்கும்; மீண்டும் நாம் P₂ செங்குத்துக்கோட்டை வரைவோம்; அது .87 ஆகும். P C-ஐ அடைகையில் அது 90° ஐக் கடந்திருக்கும்; இங்கு செக்குத்துகோடு ஆரத்துடன் மேவும்; எனவே 90° இன் ஸைன் 1.0 ஆகும். வட்டத்தின் இரண்டாவது கால்பாகத்தில் கோணங்களின் ஸைன்கள் முதல் கால்பாகத்திற்குரியதை திரும்பச்செய்யும்; சைன் $120^\circ =$ சைன் 60° சைன் $150^\circ =$ சைன் 30° ; இவ்வாறு கணக்கீடு வரும். A'-இல் செங்குத்துக்கோடு இல்லாமல் போகும்; எனவே அங்கு சைனின் மதிப்பு பூஜியமாகும். இப்படி கடக்கப்படும் ஒவ்வொரு கோணத்திற்கும் சைனின் மதிப்பு 0-லிருந்து 1.0 வரை வேறுபடும்; A-இலிருந்து Cக்கு அதிகரிக்கும்; C-இலிருந்து A'க்கு குறையும்; வட்டத்தின் கீழ் அரைப் பகுதிக்கும் இந்த அமைப்பொழுங்கை திரும்பிச் செய்யும். Bஇன் திசையில் இயக்கத்திற்கு நாம் எதிர்மறை மதிப்பீடுகளைத் தருகின்றோம்.

நாம் இப்பொழுது காலம் கடக்கும் போது சைனில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் காட்டும் வரைபடம் ஒன்றை வரைய இயலும். இப்படிச் செய்கையில் நாம் ஒரு சுற்றிற்கான கால நீட்சியைத் தீர்மானிக்க வேண்டும். மேலும் ஒரே அளவுள்ள கோணங்கள் ஒரே அளவுள்ள கால நீட்சியில் கடந்து செல்லும் என்பதையும் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். நாம் காலநீட்சியை முதல் இசைக்கவடியின் காலநீட்சிக்குச் சமமாகக் கொள்வோம்; அதாவது 10 மில்லிசெகண்ட் (நிகழ்வு எண் 100 cps); நாம் அட்டவணையில் சைன் மட்டும் பார்க்க வேண்டி இருப்பதால் நாம்

எந்த நேரத்திலும்/நேர்விலும் கோணத்தை θ என்று குறிப்பிடுவோம்; நாம் ஸைன்களை அட்டவணையில் மட்டும் பார்க்கவேண்டி இருப்பதால் நாம் கோணத்திற்கு நிரந்திரமான அதிகரிப்பைக் கொடுத்தால் வரைபடத்தில் வரைவதற்கு ஏற்றவாறு θ வுக்கு பல எண்ணிக்கையிலான மதிப்பீடு தரலாம். பின்வரும் அட்டவணை 0° லிருந்து 90° வரை பத்து நடத்தைகளுக்கு சைன் θ தருகிறது. இது வட்டத்தின் நான்கு கால் பாகங்களுக்கும் பொருந்தும். படுக்கை நிலை அளவு கால அளவாகும்; செங்குத்து நிலை அளவு 0-இலிருந்து 1.0 இடையில் மதிப்பீடுகளை வரைவதற்குப் பாகங்களைத் தருகின்றது. இதனால் விளையும் வரைபடம் (படம் 8) கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

படம் 8: 0° இலிருந்து 360° வரை கோணங்களின் சைன்களின் வரைபடம் (Fry 1979: 18).



0° இலிருந்து 360° வரையிலான கோணங்களின் சைன்களின் வரைபடம் இசைக்கவடியின் மற்றும் தொங்குகுண்டின் அசைவின் அதிர்வின் அலைவடிவம் போல் இருக்கும். நாம் தொடர்பைக் காண P வட்டத்தைச் சுற்றி வருகையில் செங்குத்தின் அடியான X-இன் நகர்வு படுக்கைக் கோடு விட்டத்தில் வலப்பக்கத்திலிருந்து இடப்பக்கமும் இடப்பக்கத்திலிருந்து வலப்பக்கமும் ஆகும். இது இசைக்கவடியின் மற்றும் தொங்குகுண்டின் இயக்கத்தைப் பிரதிபலிக்கும்.

அட்டவணை 2: 0° இலிருந்து 90° வரையிலான கோணங்களின் ஸைன்கள் (Fry 1979: 18)

0 டிகிரிகள்	ஸைன்கள்
0	0
9	0.16
18	0.31

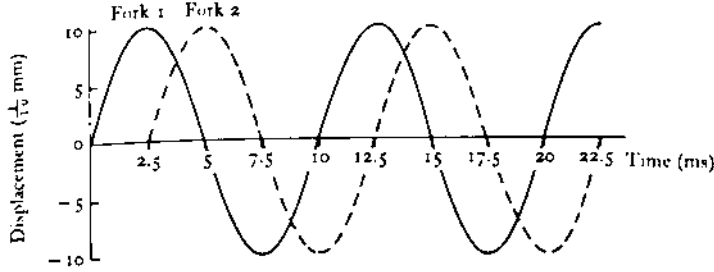
27	0.45
36	0.59
45	0.71
54	0.81
63	0.89
72	0.95
81	0.99
90	1.00

கோணங்களின் சைன்கள் விகிதங்களாகும். அவை கோணத்தின் அளவைக் காட்டுவதல்லாமல் வேறு எதையும் அல்ல. அவை நேரங்களின் மற்றும் தூரங்களின் மதிப்பீடுகளைக் கூறவில்லை. அப்படியானால் நிகழ்வு எண் மற்றும் வீச்சு இவற்றில் வேறுபாடுகளின் மறைமுகமான வெளிப்பாடுகள் என்ன? அதிர்வின் நிகழ்வெண் ஒரு சுற்றின் கால நீட்சியைப் பொறுத்திருக்கின்றது. நமது எடுத்துக்காட்டில் 100 cps என்ற நிகழ்வு எண் P வட்டத்தைச் சுற்றி நகர 10 மில்லி செகண்ட் எடுக்கின்றது என்பதைக் காட்டும். நிகழ்வு எண் 200 cps என்றால் (இரண்டாவது இசைக்கவடியைப் போல்) P வட்டத்தைச் சுற்றி நகர 5 மில்லி செகண்ட் எடுக்கும் என்பதாகும். நாம் 0° இலிருந்து 360° வரையிலான எல்லா 5 மில்லி செகண்ட் இடத்தில் சைன்களையும் வரைய வேண்டி வரும். இந்த அலை படம் மூன்றிலுள்ள நடு வரைபடத்தைப் போல் இருக்கும். வீச்சு என்பது பயணித்த தூரம் அல்லது இடப்பெயர்ச்சி என்பதன் அளவாகும். X விட்டத்தின் வழி நகர்ந்த தூரம் மையத்தில் இருந்து இடது வசம் ஒரு ஆரமும் வலது வசம் ஒரு ஆரமும் ஆகும். தொங்குகுண்டு நகர்வின் வீச்சு குறைந்து விட்டதாகக் கொண்டால், X சின்ன ஆரங்களின் வட்டங்களால் கட்டுப்படுத்தப்படும். நாம் 0-ஐ மையமாகக்கொண்ட பெரிய வட்டத்தில் ஒரு சின்ன வட்டத்தைக் கற்பனை செய்தால், நமக்கு சின்ன வீச்சு உடைய அதிர்வின் உருப்படுத்தம் கிடைக்கும். X-ஆல் பயணிக்கப்படும் தூரம் குறைவாக இருக்கும். சுற்றளவு ஆரத்திற்கு விகிதாச்சாரமானதாக (proportional) இருப்பதால் P சின்ன வட்டத்தைச் சுற்றி வருகிற தூரம் வெகுவாகக் குறையும். சைன்கள் விகிதங்கள் என்ற காரணத்தால் மாறாதிருக்கும். ஆரமும் செங்குத்தும் ஒவ்வொன்றிலும் முன்பை விடக் குறைவாக இருக்கும். சைன் அலை வரைபடத்தில்

வீச்சின் வேறுபாடுகளைப் பதிவு செய்வதற்காக நாம் செங்குத்து அளவை (vertical scale) நிகர் செய்யவேண்டும். படத்தில் செங்குத்து அளவை உண்மையான இடப்பெயர்ச்சியைப் பதிவு செய்திருந்தால் நாம் ஒரு அதிர்வை முதல் வீச்சின் பாதியுடன் வரைய வேண்டும். அளவையில் 0.5 என அடையாளப்படுத்தப்பட்டது புதிய அதிர்வின் அலை வடிவில் 1.0-இன் சைனை (அதாவது 90°) உருப்படுத்தம் செய்யும்; -0.5 என்பது -1இன் சைனை (அதாவது 270°) உருப்படுத்தம் செய்யும். சைன் அலையின் வேறு ஒரு நோக்கு இருக்கின்றது; இதை தனி இசையியைபு இயக்கத்தின் கருத்துருவிலிருந்து (concept of simple harmonic motion) சுற்று இயக்கத்தின் (circular motion) முன் வருவரைவாக (projection) அணுகலாம்.

நம்மிடம் ஒரே நிகழ்வெண் உள்ள இரண்டு இசைக்கவடிகள் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். நாம் ஒன்றை அடித்து அதை அதிரச்செய்வோம். ஒரு செகண்டிற்குப் பின்னர் அடுத்த இசைக்கவடியை அதிரச் செய்வோம். இதன் படி இரண்டாவது இசைக்கவடியின் கிளை முதல் இசைக்கவடியின் அதிர்வுக்கு கொஞ்சம் மில்லி செகண்டிற்கும் பின்னால் A நிலையிலிருந்து நகர்வதாகக் கொள்வோம். இரண்டாவது அதிர்வின் வீச்சு முதல் அதிர்வின் வீச்சுக்குச் சமமானது என்று கொள்வோம். இதன்படி இந்த நகர்வை அதே வட்டத்தைச் சுற்றி வரும் P என்ற புள்ளியின் சுற்றாக உருப்படுத்தம் செய்யலாம். இருப்பினும் P என்பது Pக்குப் பின்னால் சிறிது தூரத்தில் இருக்கும் புள்ளியாகும். காலத்தின் வேறுபாடு 2.5 மில்லிசெகண்ட் என்று கொள்வோம். P' ஆனது A நிலையில் கிடைநிலை அச்சில் இருக்கும்போது P ஆனது செங்குத்து அச்சில் C நிலையை அடைந்திருக்கும். இந்த வேறுபாடு வட்டத்தின் கால்பாகம் அல்லது 90° ஆகும். இசைக்கவடிகளுக்கு ஒரே நிகழ்வு எண் இருப்பதால், அதாவது ஒரே கால நீட்சி இருப்பதால், இந்த 90° வேறுபாடு ஒரு சுற்று முழுவதும் நிலைநிறுத்தப்படும் (maintained). இந்த இரு அதிர்வு இயக்கங்களைப் பிரிக்கும் கோணங்களின் அடிப்படையில் அளக்கப்படும் கால வேறுபாடு நிலை வேறுபாடு (difference of phase) என்று அழைக்கப்படும். வரைபடம் 9 100 cps ஒரே நிகழ்வெண் கொண்ட இந்த இரு இசைக்கவடிகளின் இயக்கத்தை வரைவதன் விளைவை காட்டுகிறது; ஆனால் இரண்டாவது இசைக்கவடி முதல் இசைக்கவடி அடிக்கத்தொடங்கி 2.5 மில்லி செகண்ட் சென்றபின் அதிரும்; அதாவது முதல் அதிர்விலிருந்து 90° நிலைக்கு வெளியேயும் இருக்கும்.

படம் 9: 90° நிலை வேறுபாடுள்ள இரு சைன் அலைகள் (Fry 1979: 19)



நாம் தொங்குகுண்டின் இடப்பெயர்ச்சியும் விரைவும் (velocity) திட்டமிட்டு வரையறுக்கப்பட்டிருக்கும் படம் 6ஐப் பார்த்தால் ஒரே நிலை வேறுபாடு (phase difference) உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். எனவே நாம் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் விரைவுக்கும் (velocity) இடையில் 90° வேறுபாடு இருக்கிறது என்று கூறலாம்; ஏனென்றால் இடப்பெயர்ச்சி மிகக் கூடுதலாக இருக்கையில் விரைவு பூஜியமாகும். இந்த உறவு அதிர்வுகள் முழுவதும் தொடரப்படுகிறது (maintained). நிலை வேறுபாட்டின் மதிப்பு 0° க்கும் 360° க்கும் இடையில் எந்த மதிப்பாகவும் இருக்கலாம்.

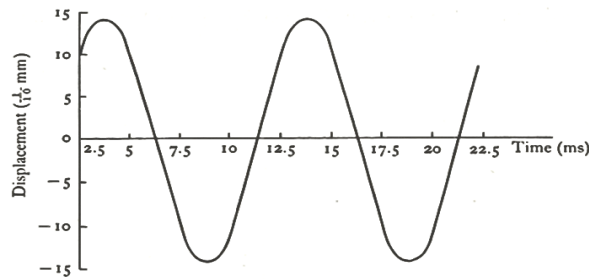
2.2.4 சைன் அலைகளின் சேர்ப்பு (addition of sine waves)

இதுவரை நாம் அதிர்வின் அல்லது அலையின் எளிய வகையை அதாவது பௌதிக மற்றும் கணக்குப்பொருளில் எளிய வகையைப் பற்றி பேசினோம்; ஏனென்றால் அதன் அலைவடிவு சைன் அலையாகும். அந்த அதிர்வுகளை சைனசாய்டல் (sinusoidal) என்று அழைக்கிறோம். விளைகிற ஒலி சுத்த சுரம் (pure tone) எனப்படும். இசைக்கவடியின் ஒலி சுத்த சுரத்திற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். நாம் விசில் (சீழ்கை) அடிக்கும் போது பெரும்பாலும் சுத்த சுரத்தை உருவாக்குகின்றோம். சில இசை ஒலிகள், எடுத்துக்காட்டாக புல்லாங்குழல் சுரங்கள் (notes on the flute) சுத்த சுரமாகும். இயற்கையில் மிகக் குறைவாகத் தான் சுத்த சுரங்கள் அல்லது சைனசாய்டல் ஒலி அதிர்வுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. நாம் கேட்கிற எல்லா ஒலிகளும் சுத்த சுரமல்ல; கலவைத் தன்மையான சுரமாகும் (complex tones) அதன் அலைவடிவு சைன் அலை

அல்ல; கலவை அலையாகும். எந்தப் பண்பு கலவை அலையை உருவாக்குகிறது என்பதைக் கண்டுபிடித்தல் அவசியமாகும்.

படம் 9இல் வரையப்பட்ட சைன் அலைகள் இரு இசைக்கவடிகளின் இயக்கங்களை உருப்படுத்தம் செய்கின்றது. ஒவ்வொன்றும் 100 cps அதிர்வுடன் சேர்ந்து ஓசை உண்டாக்குபவை. நிலை வேறுபாடு இருக்கிறது என்பது உண்மை; ஆனால் சுற்றுக்களில் பல நூற்றுக்கணக்கானவை ஒரே சமயத்தில் ஒலியை உருவாக்கும். நாம் இரண்டு இசைக்கவடியிலிருந்து உருவாகும் ஒலியைக் கேட்டால் அது ஒரு இசைக்கவடியிலிருந்து உருவாகும் ஒலியை விட ஓசை உடையதாய் இருக்கும். நாம் இசைமையில் (pitch) எந்த மாற்றத்தையும் காணாவிட்டாலும் ஒருங்கிணைந்த ஒலிக்கு வீச்சு கூடுதலாக இருக்கும். அதாவது இரண்டாவது இசைக்கவடியின் சேர்ப்பு அதிர்வின் நிகழ்வெண்ணைப் பாதிக்காது. வீச்சின் அதிகம் சைன் அலைகளைச் சேர்க்கலாம் என்ற உண்மையின் அடிப்படையிலாகும். நாம் ஒலி அலைகளை ஒரு வரைபடத்தில் நேரத்துடன் இடபெயர்ச்சியை இணைத்து திட்டமிட்டுத் தீட்டினால் நாம் இரண்டு கவடிகளின் இடப்பெயர்ச்சிகளை ஒன்று சேர்க்கலாம். நாம் அல்ஜிபுரா கூட்டலைக் கவனத்தோடு செய்ய வேண்டும். அதாவது நாம் இடப்பெயர்ச்சிகளின் திசைகளைக் குறிப்பிட்டு அவற்றை அல்ஜிபுரா அடிப்படையில் கூட்ட வேண்டும். சைன் அலைகளின் சேர்ப்பின் விளைவு கீழ்வரும் படம் 10இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 10: சைன் அலையின் சேர்க்கையால் ஒரு சைன் அலை விளைதல் (Fry 1979: 21)



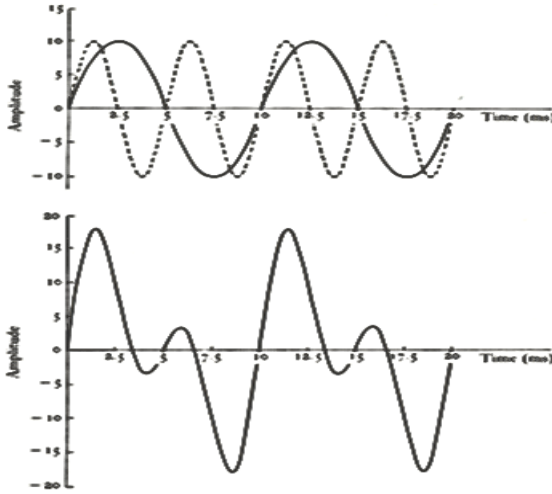
சைன் அலையில் விளையும் சைன் அலைகளின் சேர்ப்பு இசைக்கவடி ஒலி உண்டாக்கத் தொடங்கும் போது நாம் கூட்டலைத் (சேர்ப்பை) தொடங்குகிறோம்; அதாவது 2.5 மில்லி செகண்டில். அந்த நேரத்தில் இசைக்கவடி ஒன்றின் இடப்பெயர்ச்சி (F1) ஒரு மீட்டரில் பத்தில் பத்து. இசைக்கவடி இரண்டின் (F2) இடப்பெயர்ச்சி பூஜியம். எனவே மொத்தம் 10. இரண்டு

வளைவுகள் 3.75 மில்லி செகண்டைக் கடக்கையில் f1 7.1 ஆகும், f2-உம் 7.1 ஆகும்; எனவே மொத்தம் 14.2; வீச்சு ஒவ்வொரு இசைக்கவடிக்கும் மிகக்கூடுதலான 10ஐ விடக் கூடுதலாகும். 5 மில்லி செகண்டிற்குப் பின் f1 பூஜியத்தை அடையும், f2 10ஐ அடையும்; இரண்டும் சேர்ந்த வீச்சு மீண்டும் 10 ஆகும். இரண்டில் ஒன்று 6.25 மில்லி செகண்டில் நிகழ்கையில் காலத்தில் சில இடங்களில் f1-7.1 ஆகவும் f2 7.1 ஆகவும் இருக்கும், அல்ஜிபுரா கூட்டல் எனவே பூஜியம் ஆகும்; சேர்ந்த அலை படுக்கை அச்சு வழி போகும். f1 மற்றும் f2 இவற்றின் கூட்டல்கள் ஒரு அமைப்பொழுங்கை (pattern) உருவாக்கும். இது இணைந்த அலையின் சுற்றின் எதிர்மறை பாதியில் திரும்பவும் நிகழும். சைன் அலைகளைக் கூட்டுவதன் விளைவு அதே நிகழ்வெண் உள்ள புதிய சைன் அலையாகும்; ஆனால் கூடுதல் வீச்சும் மற்றும் மூல அலைகளின் நிலையில் (phase) இருந்து வேறுபட்டதும் ஆகும். ஒரே நிகழ்வு எண் உள்ள சைன் அலையாக இருக்க வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட ஒன்றை இதற்கு விதிவிலக்காக (exception) ஒரே அதிர்வு எண்ணும் வீச்சுகளும் உள்ள ஆனால் 180° நிலை வேறுபாடு (phase difference) உள்ள அதாவது எதிரான நிலை உள்ள இரு சைன் அலைகளைக் கற்பனை செய்யவும். எந்த சந்தர்பத்திலும் முதல் அலைக்கு நேர்மறை (positive) மதிப்பு இருந்தால் இரண்டாம் அலைக்கு எதிர்மறை மதிப்பு இருக்கும் இரண்டின் கூட்டுத்தொகை பூஜியமாகும். இது சுற்றில் எல்லா நேரத்திலும் உண்மையாகும்; இரண்டு அதிர்வுகளும் ஒன்றையொன்று இல்லாமல் செய்துவிடும். இந்தச் சூழல் இசைக் கவடிகளாலோ அல்லது வேறு ஏதாவது எந்திர ஒழுங்கமைப்பாலோ பெற இயலாது. இதை எலக்ட்ரானிக் தன்மையால் பெறலாம்.

அல்ஜிபிராத்தன்மையான கூட்டலின் கொள்கை சைன் அலைகள் கூட்டப்படும்போது பொருத்தமாய் இருக்கும். அதிர்வுள்ள வேறுபட்ட நிகழ்வு எண்ணைக் கொண்டிருக்கையில் மிக வேறுபடும். நாம் இரண்டு இசைக்கவடியை எடுத்துக் கொள்வோம், ஒரு இசைக்கவடியின் நிகழ்வு எண் 100 cps ஆகவும் மற்றொன்றின் நிகழ்வு எண் cps ஆகவும் இருக்கட்டும். அவற்றை இடப்பெயர்ச்சியின் ஒரே வீச்சில் ஒரே சமயத்தில் அதிர்ச்செய்யவும். இந்த இரு சைன் அலைகளும் பொதுவான அளவைகளில் வரைபடம் 11 இன் மேற்பகுதியாக திட்டமிட்டுத் தீட்டப்பட்டுள்ளது. முதல் இசைக்கவடி ஒரு சுற்று முடிக்கும் போது இரண்டாவது இசைக்கவடி இரண்டு சுற்றுகள் முடிக்கும். இரு அதிர்வுகளின் கூட்டிணைப்பின் விளைவு கீழ் உள்ள வரைபடத்தில் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ளது

படம் 11: வேறுபட்ட அதிர்வெண்கள் கொண்ட இரு சைன் அலைகளின் சேர்க்கை (Fry 1979: 23)

(Addition of two sine waves of different frequency)



இரு இசைக்கவடியின் உடன்பாடான (பாசிட்டிவ்) மற்றும் எதிர்டையான (நெகட்டிவ்) மதிப்புகள் ஒன்று கூட்டப்பட்டு அவற்றின் அசைவுகளின் கூட்டுத்தொகையில் ஒரு வகைச் சிக்கலான அதிர்வுகளை (complicated vibrations) உருவாக்குகிறது; இதனால் விளைவது ஒரு சைன் அலை அல்ல. அதிர்வுகளின் ஒத்தறி வீச்சின் அல்லது அவற்றின் நிலை உறவுகளில் (phase relations) நிகழும் எந்த வகை மாற்றமும் விளையும் வளையின் வடிவை மாற்றும். ஆனால் வீச்சுக்கள் அல்லது நிலைகளின் ஒழுங்கமைப்பு (arrangements) அவற்றின் கூட்டிணைப்பால் ஒரு சைன் அலையை உருவாக்க இயலாது. 11-ஆவது வரைபடத்தில் கூட்டிணைக்கப்பட்ட வளைவு திரும்பவும் நிகழும் அமைப்பொழுங்கை (pattern) காட்டுவதைப் பார்க்கலாம். 0 மில்லிசெகண்டிற்கும் 10 மில்லிசெகண்டிற்கும் இடையே உள்ள அலைவடிவு 10 மில்லிசெகண்டிற்கும் 20 மில்லிசெகண்டிற்கும் இடையே திரும்பவும் நிகழ்கிறது. இந்தத் திரும்ப நிகழும் கால அளவு கலப்பிலுள்ள இரு அதிர்வெண்களின் குறைந்த ஒன்றாகும்.

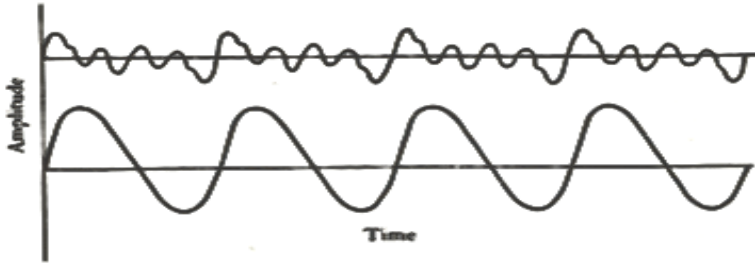
=====
Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankaraveleyuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

ஸைன் அலைகளின் சேர்ப்பின் இந்த எடுத்துக்காட்டு நாம் தேர்ந்தெடுக்கின்றவற்றிலிருந்து எளிமையானவைகளில் ஒன்றாகும்: சமமான வீச்சுகள் மற்றும் ஒரே நிலையில் உள்ள ஒன்றை விட இரண்டு மடங்கான இரண்டு நிகழ்வு எண்கள். நாம் கேட்கிற பல ஒலிகள் நிகழ்வு எண்களின் மிகச் சிக்கலான கலவைகளிலிருந்து வருவதாகும். படம் 12-இல் நாம் பார்ப்பது மேல் வளைவில் 5 வேறுபட்ட நிகழ்வு எண்கள் 100, 200, 300, 400, மற்றும் 500 cps என்பனவற்றின் கூட்டிணைப்பின் விளைவாகும்.

படம் 12: கலவை அலைகளின் இரு எடுத்துக்காட்டுகள் (Fry 1979: 24)

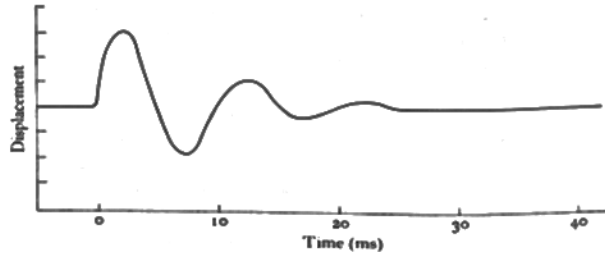


இந்த சைன் அலையின் தனிப் பண்பு அதன் ஒத்திசையான (அல்லது ஒருப்போன்ற) வடிவாகும். (symmetrical shape) முதல் கால் பகுதியின் வளைவு இரண்டாவது கால்பகுதியின் வடிவிற்கும் சமமானதாகும். அலையின் எதிரிடையான பாதிபாகமானது உடன்பாடான (நேரிடையான) பாதிபாகத்தின் சரியான தலைகீழாகும். அந்த வடிவிலிருந்து வேறுபட அமைவது எல்லாம் கலவை அலையை (complex wave) உருவாக்கும். இதனோடு தொடர்புடைய ஒலி கலவைச் சுரமாகும் (complex tone). படத்தில் கீழ்தரப்பட்டுள்ள உயரும் வரைவு இரண்டாவது கால் பாகத்திலுள்ள தாழும் வளைவை விட கூடுதல் செங்குத்தானதாகும். வளைவின் எதிரிடையான அரைப்பாகம் இதைத் தலைகீழாக மாற்றுகின்றது. அதாவது மூன்றாவது கால்பாகத்தில் படிப்படியான சரிவும் (graded slope) நாலாவது கால்பாகத்தில் செங்குத்தாக உயர்கிற வளைவும் கொண்டது. இந்த வரைபடம் நிலையில் 100 cps மற்றும் 200 cps உள்ள ஆனால் 100 சுற்று அலையில் 20 சதவீதம் 200 சுற்று அலையின் வீச்சுடன் கூடியது. சைன் அலையின் கண்டிப்பான ஒத்திசைவான வடிவிலிருந்து (symmetrical shape) வேறுபடுகிற எந்த ஒன்றும் கலவை அலையாகும்; அதிர்கின்ற இயக்கம் (vibratory motion) ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட நிகழ்வு எண்ணில் இயக்கத்தின் விளைவாகும் ஒலி கலவைச் சுரமாகும். நாம் கேட்கிற பெரும்பாலான எல்லா ஒலிகளும் இந்த வகுப்பைச் சார்ந்ததாகும்; எல்லாப் பேச்சு ஒலிகளும் நிச்சயமாக இந்த வகுப்பைச் சாரும்.

2.2.5 அதிர்வுறும் ஒழுங்குமுறைகளின் பெளதிக பண்புகள் (Physical properties of the vibrating system)

அதிர்வுறும் இயக்கம் ஓய்வு இடத்திற்கு/நிலைக்கு வருவதைக் காட்டிலும் கூடுதல் ஈடுபாடு உடையதாகும். இதுவரை எடுத்துக்காட்டின எல்லா அலை வடிவுகளும் கவடிக்கிளை போன்ற மிகச் சிறிது தளர்வுற்ற ஒழுங்குமுறைகளின் இயக்கத்தை எடுத்துக்காட்டுகின்றது; இதன் விளைவாக பல எண்ணிக்கையிலான சுற்றுகளுக்குப் பிறகும் வீச்சுக் குறைவது இல்லை. மிகத் தளர்வுறும் ஒழுங்குமுறையில் விசை செலுத்தப்பட்டால் அதன் விளைவு படம் 13-இல் காட்டப்பட்டுள்ள அலை வடிவ வகையாகும்; இதில் அலையின் வீச்சு தொடக்கத் தொந்தரவுக்குப் பிறகு விரைவாகக் குறைகின்றது மற்றும் முழு ஒழுங்குமுறையும் ஒரு சுற்றுக்கு அல்லது இரண்டு இயக்கத்திற்குப் பிறகு ஓய்வு நிலைக்குத் திரும்பும்.

படம் 13: மிகத் தளர்வுற்ற ஒழுங்கமைப்பின் இடப்பெயர்ச்சி வளைவு (Fry 1979: 26)

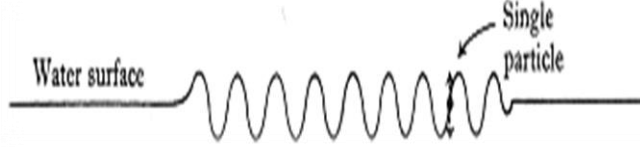


2.3. ஒலி அலைகளின் பரவல் (the propagation of sound waves)

அதிரச்செய்த இசைக்கவடி ஒலியைத் தரும் இந்த ஒலியை ஓரளவுக்குப் பக்கத்தில் இருந்து கேட்கலாம். இதிலிருந்து இசைக்கவடிக் கிளையின் இயக்கத்தின் விளைவு எவ்வாறோ அதிலிருந்து பயணிக்கிறது என்பது தெரிகிறது. இங்கு நாம் ஒலி அலைகளின் பயணத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் கொள்கைகளையும் அலை இயக்கங்களைப் பரவச்செய்யும் பல வழிகளையும் பார்க்க இருக்கின்றோம். தண்ணீரின் மேற்பரப்பில் அலைகளைப் பார்த்திருக்கிறோம். சலனமில்லாத குளத்தின் நடுவில் ஒரு கல்லைப் போட்டால் இந்த அலைகள் அடுக்கு வட்டங்களாகத் தெரியும். குளத்தின் நடுவில் தொடங்கி நீர்த்துளி கரைவரை செல்வதாக நம்புகிறோம், ஆனால் உண்மை அது அல்ல. நாம் குளத்தில் கல்லைப் போடுவதற்கு முன் நீரில் ஒரு கனமில்லாத தக்கை மிதப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். கல்லைப் போட்டதும் அதனால் உண்டாகும் அலைகளால் தக்கை மேலும் கீழும் அசையுமே அன்றி குளத்தின் கரையை நோக்கிச்

செல்லாது. குளத்தின் மேற்பரப்பிலுள்ள நீர்த் துகள்கள் தக்கைபோல் படம் 14 காட்டிய படி மேலும் கீழும் அசையும்.

படம் 14 நீர் அலை குறுக்கு இயக்கத்தின் உருப்படுத்தம் (Representation of a water wave transverse motion) (Fry 1979: 28)



இரண்டு கேள்விகள் நம்முன் நிற்கின்றன. ஏன் நீர் துகள்கள் மேலும் கீழும் அசைகிறது? அப்படியானால் குளத்தின் பரப்பில் எப்படி அலை இயக்கத்தைத் தருகிறது? தண்ணீர்த் துகள்களின் அசைவை இசைக்கவடிக் கிளையின் அதிர்வுடன் ஒப்பிடலாம். இசைக்கவடியின் கிளை அதன் ஓய்வு இடத்திலிருந்து இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படும் போது அது மீண்டும் அதன் தொடக்க இடத்திற்குத் திரும்ப முயற்சிக்கும். இதன் அர்த்தம் என்னவென்றால் இசைக்கவடிக் கிளையின் உலோகத்தின் துகளுக்கும் இந்தப் பண்பு இருக்கிறது என்பதாகும். இந்தப் பண்பு எல்லாத் துகள்களுக்கும் இருக்கும்.

நீர் பரப்பும் இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படும் போது மீண்டும் தொடக்கநிலைக்கு வர முயற்சிக்கிற துகள்களால் ஆனது. அலைகளுக்கும் செயலற்றதன்மை (inert) இருக்கும். இது துகள்களை வேகப்படுத்தி திரும்பும் திசையில் கூடுதல் தூரம் செல்ல வைக்கிறது. இதன் காரணமாக இசைக்கவடியைப் போல் அதிரும் இயக்கத்தில் உட்படும் காற்றின் துகள்களும் இவ்வாறு தான் செயலாற்றும். இதன் காரணமாக ஒலி அலை காற்றில் நிறுவப்படுகிறது (set up). ஒவ்வொரு துகளின் மேலும் கீழுமான இயக்கம் மீண்டும் ஓய்வு நிலைக்கு வரும் போக்காலும் கூடுதல் தூரம் செல்ல வைக்கிற செயலற்ற தன்மையாலும் (inter) நிகழ்கிறது. ஆனால் அதை இயக்கச் செய்யும் விசை அதற்கு அடுத்ததாற் போல் உள்ள துகளின் இயக்கத்தால் உந்தப்படுகிறது. நீர் அலைகளும் இதே கொள்கைகளால் தான் வேலை செய்கின்றது. இதில் நமக்கு தட்டையான பரப்பு இருக்கிறது. எனவே கூடுதல் இடப்பரிமாணம் இருக்கிறது. குளத்தின் மத்தியில் இடப்படுகிற கல் குளத்தின் பரப்பின் மத்தியில் துகள்களின் இயக்கத்தை உருவாக்குகின்றது. கல் இடப்படுகின்ற இடத்திலிருந்து/புள்ளியிலிருந்து விசை ஒரு துகளிலிருந்து மற்றொரு துகளுக்கு மாற்றப்படுகின்றது; இது துகள்களின் செங்குத்து இயக்கத்தைத் தூண்டி வெளிப்படையான அலை இயக்கத்தை எல்லா திசைகளுக்கும் உருவாக்கும். பின்வரும் படம் இந்த அலை இயக்கத்தைக் காட்டும்.

படம் 15: குறுக்கு அலை (transverse wave) (Fry 1979: 30)



அலை இயக்கம் இடப்பக்கத்திலிருந்து வலப்பக்கமாக முன்னேறும்; அதே சமயம் ஒவ்வொரு துகளும் செங்குத்து நிலையில் மேலும் கீழும் இயங்கும்/அசையும். இந்த இயக்கத்தின் கூடுதல் இடப்பெயர்ச்சி அதன் வீச்சாகும். இது சிறிய அம்புக்குறிகளால் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்மாதிரியான அதிர்வு இயக்கம் குறுக்கு அலை (transverse wave) எனப்படும். நீர் அலை சைன் அலையை நெருக்கமாக ஒத்திருப்பது படம் 15-ஐ பார்த்தால் தெரியும். நீர் துகள்களின் இயக்கமும் சுத்த சுரங்களின் இயக்கத்தில் கண்ட அதே விதிகளைப் பின்பற்றும். ஆனால் அதிர்வு கேட்கும் எல்லை அளவுக்கு இல்லை. குறுக்கு அலைகளைத் திரவத்தின் பரப்பிலும் சில கட்டியான பொருள்களின் பரப்பிலும் உருவாக்கலாம். ஆனால் பொதுவாக அவை கூடுதல் விதிவிலக்கான அலை இயக்கத்தின் வகையை உருப்படுத்தும் செய்யும். எடுத்துக்காட்டாக அவற்றை ஒரு வாய்வில் உருவாக்க இயலாது. எனவே காற்றில் உருவாக்கப்படும் ஒலி அலையானது அலை இயக்கத்தின் மற்றொரு வகையாகும்.

அலை பயணிக்கும் திசைக்கு செங்குத்தான கோணத்தில் துகள் இயக்கம் (vertical movement) இருக்கும். குறுக்கு அலைக்கு மாறானது பயணிக்கும் திசையின் கோடு வழியாகவே முன்னும் பின்னும் அசையும் துகள் இருக்கும் அலையாகும்.

படம் 16: படுக்கை அலையின் வழியில் துகள் இயக்கம் (Particle motion in path of a longitudinal wave) (Fry 1979: 31)



படம் 16இல் படுக்கை வரிசை அடுத்தடுத்த காற்று துகள்கள் ஓய்வில் ஒரு கோட்டில் இருப்பதை உருப்படுத்தம் செய்கிறது. முதல் துகள் அதிர்கிற இசைக்கவடியின் கிளைக்கு அடுத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். இதன் விளைவாக முதல் துகள் அதன் ஓய்வு நிலையிலிருந்து இடப்பக்கமும் வலப்பக்கமுமாக இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்பட்டுள்ளது. நீர் துகள்கள்போல் காற்றுத் துகள்களும் அவை இயங்கும் போது ஒன்றை ஒன்றைப் பாதிக்கும். ஆனால் அவை பிரத்தேகமான வழியில் இதைச் செய்யும். முதல் துகள் வலதுபக்கம் சலனிக்கும் போது அது இரண்டாவது துகளுக்கு அருகில் வரும். இதனால் இரண்டாவது துகள் மூன்றாவது துகள்வரை சலனிக்க தூண்டப்படும்/உந்தப்படும். இதனால் 3-வது துகள் தூண்டப்பட்டு 4-வது துகள் வரைச் சலனிக்கும். இப்படி தொடர்ந்து படுக்கை வரிசை C-இல் காட்டியபடி இயக்கம் நடைபெறும் இம்மாதிரியான துகள்களின் நெருக்கமானச் சேர்க்கை (crowding together) அடர்த்தி நிலையாகும் (state of compression). இதனால் காற்றழுத்தம் மிகச் சிறிய அளவில் நிகழும். நேரம் செல்லச்செல்ல நெருக்கமான அலை (wave of compression) அடுத்தடுத்த துகள் வழி வலதுபக்கம் பயணிக்கும் இதே நேரத்தில் இசைக்கவடியின் கிளை இடப்பக்கம் சென்றிருக்கும். இதனால் வலதுபக்கத்தில் கூடுதல் இடம் கிடைக்கும். இதன் காரணமாக காற்றழுத்தம் மிகச்சிறிய அளவு குறையும். இதனால் முதல் துகள் இடப்பக்கம் செல்லும். இசைக்கவடிக்கு அருகிலுள்ள துகள்கள் ஓய்வுநிலையிலுள்ள துகள்களைக் காட்டிலும் கூடுதல் இடைவெளியுடன் இருக்கும். நெருக்கமான/அடர்த்தியான அலைகள் (wave of compression) அடர்த்தி இல்லா/அடர்த்தி தளர்வான அலைகளால் (wave of refraction) தொடரப்படும். அது வலதுபக்கமாகப் பயணிக்கும். இந்நிலைமை படுக்கவரிசை D-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அடர்த்தியான அலைகளும் அடர்த்தி இல்லா அலைகளும் இசைக்கவடியின் கிளையின் இயக்கத்தால் நேரம் கணக்கிடப்பட்டது. எனவே காற்றில் அலை இயக்கத்தின் அதிர்வு இசைக்கவடியின் அதிர்வுக்குச் சமமானது. ஒரு வலப்பக்க இயக்கமும் ஒரு இடப்பக்க இயக்கமும் இசைக்கவடி இயக்கத்தின் வட்டத்தை/சுற்றை உண்டாக்கும். ஒரு நெருக்கத்தை தொடர்ந்து வரும் ஒரு அடர்த்தி தளர்வு காற்றில் ஒலியின் ஒரு சுற்றை உண்டாக்கும். இசைக்கவடிக்கு 100 சுற்றுகள் அதிர்வு இருந்தால் நெருக்கத்திருக்கும் தளர்விற்கும் காற்றில் ஒரு புள்ளியைக் கடந்து செல்ல 1/100 செகண்ட் எடுக்கும்.

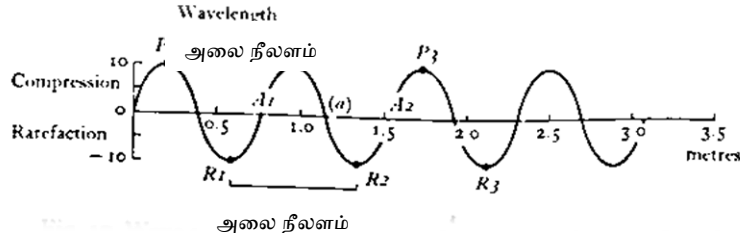
அலையின் வழியில் துகள்களின் பண்பின் (disposition) உடனடிக் காட்சி படம் 16-ல் படுக்கை வரிசை E-இல் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது. துகள் இயக்கத்தின் நிழற்படம் ஒவ்வொரு துகளும் வலது பக்கத்திற்கும் இடதுபக்கத்திற்கும் மட்டுமே நகரும், அலை இயக்கம் இடமிருந்து

வலதுக்குப் பயணிக்கும் என்பதைத் தெளிவாக்கும். இதனால் இம்மாதிரியான அலை படுக்கை அலை (longitudinal wave) (நீட்டுப் போக்கான) என அழைக்கப்படும். நம் காதை அடையும் ஒலி அலைகள் யாவும் படுக்கை அலைகள் வடிவில் இருக்கும். எளிமைக்காக இந்த வகையான அலை இயக்கம் ஒரு தனிக்கோட்டில் இருக்கும் துகள்களால் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒலி உருவாக்கப்படும் போது ஒலி அலைகள் மூலத்திலிருந்து எல்லாத் திசைகளுக்கும் பயணம் செய்யும். குளத்தில் போடப்பட்ட கல்லால் உண்டாக்கப்படும் அடுக்கடுக்கான வட்டங்களை போல், இசைக்கவடி போல் எந்த ஒலி மூலமும் ஒலி அலைகளை விரியும் கோளவடிவில் வெளிவிடும்; ஏனென்றால் காற்று வெளி (atmospheric space) மூன்று பரிமாணங்களைக் (three dimensional) கொண்டதாகும். ஒலி அலை இந்த கோளத்தின் எல்லா சாத்தியமான ஆரத்தின் வழியாகவும் பயணிக்கும். ஒவ்வொன்றிலும் துகள்களின் இயக்கம் அலையின் பரவலின் திசைக்கு இணையாக இருக்கும்; அதாவது அவை படுக்கை அலைகளாகும்.

படம்15-ல் காட்டப்பட்டுள்ள நீர் துகள்களின் உடனடி படத்திலிருந்து (instantaneous picture) நாம் குறுக்கு அலை இயக்கத்தை சைன் அலைகளாகப் பார்க்க இயலும். படுக்கை அலைக்கும் இது உண்மையாகும் என்பதை எளிதில் ஏற்றுக்கொள்ள இயலாது. நாம் ஒரு தனி துகளின் இடப்பெயர்ச்சியை நேரத்துடன் தொடர்புபடுத்தி ஒரு வரைபடம் வரைக்கலாம். இயக்கம் 'சைனசாய்டல்' ஆக (sinusoidal) இருந்தால் விளைவு சைன் அலையாகும். இங்கு கூடுதலான சிக்கல் இருக்கிறது, நாம் பயணிக்கிற அலை இயக்கத்தைப் பற்றி பேச வேண்டி இருக்கிறது. வெளியிடத்தின் (space) எந்த புள்ளியிலும் எந்த குறிப்பிட்ட நேரத்திலும் காற்று துகள்களின் நெருக்கம் (compression) மற்றும் தளர்வு (rarefaction) அடிப்படையில் பார்க்க வேண்டி இருக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியில் ஒரு குறிப்பிட்ட குறுகிய காலத்தில் கூடுதல் நெருக்கம் இருக்கும். இது சைன் அலையின் உச்சியை அல்லது முகட்டை ஒக்கும். சில மில்லி செகண்டிற்குப்பின் இந்தப்புள்ளியில் அழுத்தம் இயல்பான காற்றின் அழுத்திற்குக் குறையும். இது மிகக்கூடுதலான தளர்வு (rarefaction) அடைவது வரை மேலும் குறையும்; இது சைன் அலையின் தாழ்ச்சியை (trough) அல்லது கூடுதல் எதிர்மறையான மதிப்பை ஒக்கும். மிகக் கூடுதலான தளர்வை (rarefaction) அடைவது வரை குறையும். இவ்வாறு ஒரு தனிப் புள்ளியில் வெளியிடத்தில் காற்றழுத்தத்தின் கூடுதல் அல்லது குறைவின் வரைபடம் ஒரு சைன் அலையைத் தரும். படம் 16 E ஒரு மிகக்குறைவான நேரத்தில் (instant) வெளியிடத்தில் (space) அழுத்தத்தில் வேறுபாடுகளைக்

காட்டுகின்றது. எனவே ஒலி மூலத்திலிருந்து உள்ள தூரம் அடிப்படையில் காற்றின் அழுத்தத்தின் வேறுபாட்டைக்காட்டி ஒரு வரைபடம் வரையலாம் (தீட்டலாம்). மூலம் இசைக் கவடியாய் இருந்தால் இந்த வளைவும் சைன் அலையாக இருக்கும். இது படம் 17இல் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது

படம் 17: அலை நீளத்தைக்காட்டும் அடர்த்தியின் மற்றும் தளர்ச்சியின் அலை (Fry 1979: 32)



அலைநீளத்தைக் காட்டும் நெருக்கமான மாற்றும் தளர்வான அலை காற்று அழுத்தம் (air pressure) செங்குத்து அளவையில் (vertical scale) இடுகுறித்தன்மையான அலகுகளால் (arbitrary units) அளக்கப்பட்டுள்ளது. உடன்பாடான மதிப்புகள் (positive values) நெருக்கத்தையும் (compression) எதிரிடையான மதிப்புகள் (negative values) தளர்வையும் குறிப்பிடுகிறது. படுக்கை அளவை (horizontal scale) இசைக் கவடியிலிருந்து தூரத்தை மீட்டரில் தருகிறது. இது ஆனால் இடது இசைக்கவடிக்கு நெருக்கமாக சில மீட்டர்கள் நீள்கிறது. இயக்கத்திலிருந்து வலது பக்கம் பயணிப்பதால் வளைவு மிக குறைந்த நேரத்தைத்தான் குறிப்பிடுகின்றது. இந்தக் குறிப்பிட்ட சிறிய கால அளவில் வெளியிடத்தில் சில புள்ளிகள் ஒரே அழுத்தத்தில் இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக P1, P2, P3 என்பன மிகக் கூடுதல் நெருக்கத்திலும் R1, R2, R3 என்பன மிகக் கூடுதல் தளர்விலும் இருக்கும். அடுத்தடுத்து இருக்கும் இவ்வையிலான புள்ளிகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் ஒலியின் அலை நீளமாகும். இதை வளைவின் எந்த புள்ளியிலிருந்தும் அளக்கலாம். ஆனால் பொருத்தமான புள்ளிகளை எடுத்து அளக்க வேண்டும். இவ்வாறு P1இலிருந்து P2க்கான தூரம் அல்லது R1இலிருந்து R2க்கான தூரம் அலை நீளத்தைத் தரும். இதே போல் Aஇலிருந்து A2க்கான தூரமும் செய்யும். இறுதி நேர்வில் அழுத்தம் இயல்பான காற்று அழுத்த நிலையில் உள்ள இடைப்பட்ட புள்ளி (A) ஆகும். A1இலிருந்து (a)-க்கு உள்ள தூரம் அரை அலைநீளமாகும் (half wave length).

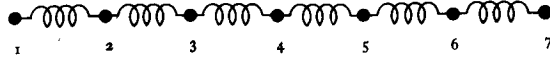
காற்றில் ஒலி 340 m/s அல்லது 1240 km/h விரைவில்(velocity) பயணிக்கிறது. ஒலி ஒளியைவிட மிக மெதுவாகவே பயணிக்கிறது. நாம் ஒலி அலைகளின் அலை நீளம் எவ்வாறு ஒலி மூலத்தின் நிகழ்வு எண்ணுக்கும் ஒலியின் வேகத்திற்கும் (velocity of sound) தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்பதைப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். நாம் நெருக்கத்தின் மற்றும் தளர்வின் அலைகள் இசைக்கவடியின் சலனத்தால் விளைகின்றது என்றும் அவை இசைக்கவடியின் நிகழ்வு எண்ணால் கட்டுப் படுத்தப்பட்டுள்ளது என்றும் கண்டோம். நிகழ்வு எண் 100 cps என்றால் இசைக்கவடிக் கிளையின் முதல் வலது பக்க வீச்சால் உண்டாக்கப்பட்ட நெருக்கம் 1/100 செகண்டிற்குப் பின்னர் இரண்டாவது நெருக்கத்தால் தொடரப்படும். ஒலியின் வேகம் 340 m/s என்பதால் 1/100 செகண்டில் முதல் நெருக்கம் 3.4 மீட்டர் பயணிக்கும். அதாவது காற்றுத் துகள்கள் இசைக்கவடியிலிருந்து 3.4 மீட்டர் முதல் நெருக்கத்தால் பாதிக்கப்படும். அந்த சிறிய கால நேரத்தில் இசைக்கவடிக்கு அடுத்தாற் போல் இருக்கும் காற்றுத் துகள்மேல் இரண்டாவது நெருக்கம் புகுத்தப்படும். எனவே 3.4 மீட்டர் தூரம் நெருக்கத்தின் அடுத்தடுத்த உச்சிகளைப் பிரிக்கும். இசைக்கவடி தொடர்ந்து அதிர்ந்து கொண்டே 1/100 செகண்ட் இடைவெளியில் நெருக்க மற்றும் தளர்ந்த அலைகளை அனுப்பிக்கொண்டிருக்கும். இதனால் இசைக்கவடியைச் சுற்றி இருக்கும் காற்றில் ஒவ்வொரு 3.4 மீட்டருக்கும் எந்த நேரத்திலும் நெருக்கத்தில் உச்சியும் இதுபோல் ஒவ்வொரு 3.4 மீட்டருக்கும் எந்த நேரத்திலும் உள்ள தூரம் ஒலியின் அலை நீளம் என்று கண்டோம். எனவே 100 cps நிகழ்வு எண் உள்ள ஒலியின் அலை நீளம் காற்றில் 3.4 மீட்டர் ஆகும்

இப்பொழுது நாம் 100 cps நிகழ்வு எண் உள்ள இசைக் கவடியை 200 cps நிகழ்வு எண் உள்ள இசைக்கவடியால் இடம் பெயர்ப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அடுத்தடுத்த நெருக்க அலைகளுக்கு இடையிலான இடைவேளை இப்பொழுது 1/200 செகண்ட் ஆகும். இந்த நேரத்தில் அலை 340/200 மீட்டர் அதாவது 1.7 மீட்டர் பயணிக்கும். இதனால் உச்சங்களும் நீச்சங்களும் இந்த தூரத்தால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். ஒலியின் அலை நீளம் 1.7 மீட்டர் ஆகும். எனவே காற்றில் உள்ள எந்த ஒலியின் அலைநீளத்தைக் காண நாம் 340 மீட்டரை நிகழ்வெண்ணால் வகுக்க வேண்டும். இவ்வாறு 500 cps ஒலியின் அலைநீளம் 0.68 மீட்டர் ஆகும் மற்றும் 1000 cps ஒலியின் அலைநீளம் 0.34 மீட்டர் ஆகும். படம் 17- ல் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ள ஒலியின் அலை நீளம் ஏறக்குறைய 0.75 மீட்டர் (0.7க்கும் 0.78க்கும் இடையில்) ஆகும். 340 மீட்டரை

இந்தத் தூரத்தால் வகுத்தால் நமக்கு ஒலியின் நிகழ்வு எண் கிடைக்கும். ஆர்செஸ்ட்ராவுக்கு இது 440 cps ஆகும்.

நாம் இதுவரை காற்றில் ஒலியின் வேகம் அடிப்படையில் (velocity of sound in air) அலை நீளத்தைக் கணக்கிட்டோம். ஒலியைக் காற்று தவிர திடப்பொருள்கள் மற்றும் வாய்வுகள் வழி அனுப்ப இயலும். ஒலியின் விரைவு ஊடகம் அடிப்படையில் வேறுபடும். எனவே ஒலியின் அலை நீளம் ஊடகத்தைப் பொறுத்து அமையும். நாம் இதைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். நாம் படம் 19-இல் காட்டியபடி 1 முதல் 7 வரை எண்ணிட்ட தொடர்ச்சியான திரள்கள் (masses) ஒன்று மற்றொன்றுடன் சுருள் ஸ்பிரிங்கால் (curl spring) தொடர்பு படுத்தப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்ளவும்.

படம் 18: இணைக்கப்பட்ட ஸ்பிரிங் மற்றும் திரள் தனிமங்களில் உருப்படுத்தம் (Representation of coupled spring and mass elements) (Fry 1979: 35)



திரள் 1இல் ஸ்பிரிங்கின் கோடு வழியாக தரப்பட்ட விசை அதை வலது பக்கமாக நகரச் செய்யும் மற்றும் திரள் 2-உடன் சேரும் படி சுருங்கும். மேலும் போதுமான விசை இருந்தால் திரள் 2ஐ வலதுபக்கம் நகரச் செய்யும். செலுத்தப்பட்ட விசையின் முதல் விளைவு வலப்பக்கமாகப் பயணிக்கிற சுருள்களின் நெருக்கத்தின் அலையாகும். ஆனால் இப்போது நெருக்கப்பட்ட எந்த சுருளும் திரும்பவும் பழைய நிலைக்கு வரும் விசை இருக்கும். இது திரளை இடப்பக்கம் திரும்பும். மேலும் ஒவ்வொரு திரளும் செயலற்ற தன்மையைத் தரும். இது அதன் ஓய்வு நிலையைத் தாண்டிச் செல்லச் செய்யும். எனவே சுருள் பிரிங் அதன் இயல்பான நிலையிலிருந்து கூடுதல் நீளம்; அதாவது தளர்வின் ஒரு அலை (wave of rarefaction) இருக்கும். அதிரும் படி செய்ய இயலும் எதாகினும் அலை இயக்கத்தை உருவாக்க இயலும் ஊடகத்திற்கும் இந்த பண்புகள் இருக்கும். இது வேறுபட்ட ஒழுங்கமைப்பின் நடத்தையின் வேறுபாடுகளை விளக்கும். திரள்கள் கூடுதலாய் இருந்தால் பொருள் கனமாக இருக்கும். மேலும் அதிர்வு இயக்கத்தில் உண்டாகும் இயங்குவிசை (momentum) கூடுதலாக இருக்கும். செலுத்தப்பட்ட விசைக்கு மிதமிஞ்சிய சலனம் (overshoot) கூடுதலாக இருக்கும். இது அதிர்வுக்கு கூடுதல் வீச்சைத் தரும். ஸ்பிரிங் இறுக்கமாக (stiff) இருந்தால், திரள்களின் இயக்கம் வேகமாக இருக்கும்; விரிந்து சுருங்கும் தன்மை கூடுதலாக

இருக்கும். அமைப்பொழுங்கு ஒலி மூலமாக செயல்பட்டால் அதிர்வின் நிகழ்வு எண் கூடுதலாக இருக்கச் சாத்தியம் இருக்கும். மாறாக ஸ்பிரிங் நெகிழ்வாக (slack) இருந்தால் விரிந்து சுருங்கும் தன்மை (Elasticity) குறைவாக இருக்கும்; கூடுதல் அக உராய்வு இருக்கும். எனவே கூடுதல் அளவு தேய்ந்துமாயும் தன்மை இருக்கும்.

ஊடகம் வழியாக ஒலிபரவும் விரைவு (velocity) திரளாலும் ஸ்பிரிங்காலும் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்ட இருபண்புகளைப் பொறுத்தமையும். ஸ்பிரிங் கூடுதல் விரைப்பாக/இறுக்கமாக இருந்தால் விரைவு கூடுதலாக இருக்கும்; அடர்த்தி கூடுதலாக இருந்தால் விரைவு குறைவாக இருக்கும். காற்றைப் பொறுத்தவரையில், திரள்கள் மிகக் குறைவாக இருந்தாலும் ஸ்பிரிங்குகள் கூடுதல் நெகிழ்வாக இருக்கும்; எனவே அலை மெதுவாகப் பயணிக்கும். மாறாக ஸ்டீல் கட்டையில் திரள்மிக்க கூடுதலாக (அதாவது அடர்த்தி கூடுதலாக) இருந்தாலும் ஸ்பிரிங் (சுருள்) மிகக் கூடுதல் விரைப்பாக இருக்கும்; எனவே சப்தம் ஸ்டீலில் காற்றை விட விரைவாகப் பயணிக்கும். இதை மிக அறிமுகமுள்ள எடுத்துக்காட்டால் காட்டலாம். ஒருவர் இரயில்வே நடைபாதையில் நிற்கையில் நோக்கி வருகிற தொடர்வண்டியின் ஒலி காற்றைவிட சீக்கிரத்தில் உலோகப் பாளம் வழி அடையும். ஸ்டீலைக் காட்டிலும் 14 மடங்கு கூடுதல் மிக அடர்த்தியான உலோகத்தில் திரள் கூடுதலாக இருக்கும். லெட் போன்ற மிக அடர்த்தியான உலோகத்தில் திரள்கள் கூடுதலாகும்; ஆனால் விரிந்து சுருங்கும் தன்மை மிகக் குறைவாக இருக்கும்; எனவே ஒலி அலை ஒப்பிடுகையில் மெதுவாகத்தான் செல்லும்; அதாவது 1220 மீட்டர்/ செகண்ட் விரைவில் செல்லும். திரவங்களில் ஒலியின் விரைவுகள் பொதுவாக வாய்வுகளில் அதன் விரைவுகளுக்கும் கெட்டியான பொருள்களில் அதன் விரைவுகளுக்கும் இடையில் வரும். (எடுத்துக்காட்டாக தண்ணீரில் ஒலியின் விரைவு 1520 மீட்டர்/ செகண்ட் ஆகும்.)

நாம் ஒலி அலையின் நீளம் ஊடகத்தில் பயணிக்கும் போது ஒலியின் விரைவைப் பொறுத்தமையும் எனப் பார்த்தோம். அடுத்தடுத்த அலைகளுக்கு இடையே உள்ள கால இடைவெளி அதிர்வின் நிகழ்வு எண்ணால் நிர்ணயிக்கப்படும். ஒலியின் விரைவிலிருந்து இந்த நேரத்தில் எவ்வளவு தூரம் செல்லும் என்பதைக் கணக்கிட இயலும். இதுதான் அலைநீளமாகும். விரைவு கூடுதலாக இருந்தால் ஒரு நிகழ்வெண்ணுக்குக் கூடுதல் அலைநீளம் இருக்கும். இவ்வாறு 100 cps உள்ள காற்றில் 3.4 மீட்டர் அலைநீளம் உள்ள சுரத்திற்கு அலைநீளம் நீரில் 13.2 மீட்டரும் ஸ்டீலில் 50 மீட்டர் நீளமும் இருக்கும்.

2.4. ஒலிச்சக்தியை உள்வாங்கலும் பிரதிபலித்தலும் (Absorption and reflection of sound energy)

ஒலி மூலத்தில் உருவாக்கப்படுகிற எந்த அதிர்வும் அல்லது அதிர்வுகளின் கலவையும் சுற்றி இருக்கிற காற்றில் பரவுகிற ஒலி அலைகளில் இருக்கும். அலைகளின் வீச்சு பல எண்ணிக்கையிலான காரணிகளுக்கு உட்படும். முக்கியமானது, ஒலியாக மாற்றுவதற்கு எவ்வளவு சக்தி இருக்கிறது என்பதாகும். இசைக்கவடிக்கிளையின் அதிர்வின் வீச்சு அதற்குத் தரும் அடியின் பலத்தால் பெரும்பாலும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. இது அதிரும் ஒழுங்கமைப்பில் செலுத்தப்படும் சக்தியின் மொத்தத்தைத் தீர்மானிக்கும். இசைக்கவடியின் இந்த சக்தி செலவழிக்கப்படும் வரை அதிரும். பின்னர் அதிர்வை நிறுத்தும். பகுதி சக்தி இசைக்கவடியின் உலோகத்துகள்களை மீண்டும் மீண்டும் இயக்கச் செலவழிக்கப்படுகிறது. பகுதி சக்தி கிளையைச் சுற்றி இருக்கும் காற்றுத்துகள்களை இயக்கவும் மற்றும் சக்தியை அவற்றிற்குத் தரவும் செலவழிக்கப்படுகிறது இசைக்கவடிக்குச் செலுத்தப்பட்ட சக்தி முழுவதும் வெவ்வேறாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதுவும் வீணாகாது. இதே கொள்கை எல்லா அதிர்வுகளுக்கும் ஒலிகளுக்கும் பொருந்தும். பயணிக்கிற அலைகளில் நேர்வில் சக்தி பயன்படுத்தப்படுகிற சில வழிகள் கூடுதல் கலவைத்தன்மையானது (more complex).

ஒலி மூலத்திலிருந்து ஒலி வெளியே பயணித்தால் ஒலி அலைகள் பல விதமான தடைகளைச் சந்திக்கும். சில கட்டுப்பாட்டில் தடைகளால் பிரதிபலிக்கப்படும் (reflected) எதிரொலிகள் ஒலி பிரதிபலிப்பின் நிகழ்வுகளாகும். ஒலி அலைகள் பிரதிபலிக்கப்பட்டுச் சிறிது நேரத்திற்குப் பிறகு நம் காதுகளை அடையும். ஒலியின் பாதையில் பல தடைகள் இருந்தால் நாம் இடண்டோ அல்லது முன்றோ எதிரொலிகளைக் கேட்கலாம். ஏனென்றால் தடைகளின் வேறுபட்ட தூரத்தால் அது வேறுபட்ட காலங்களில் திரும்பும். ஒலிகள் நிலைபேறுபெற்ற (standard) 340 மீட்டர் வேகத்தில் பயணித்துத் திரும்ப வேண்டும். மூல ஒலியை விட எதிரொலி ஓசைக் குறைவாக இருக்கும். இது தவிர்க்க இயலாது ஏனென்றால் இருக்கிற மொத்த சக்தி எல்லைக்குட்பட்டதாகும். தடைகளுக்கும் மூலத்திற்கும் இடையில் பயணிக்கின்ற காற்றுத்துகள்களால் சக்தி பயன்படுத்தப்படும்.

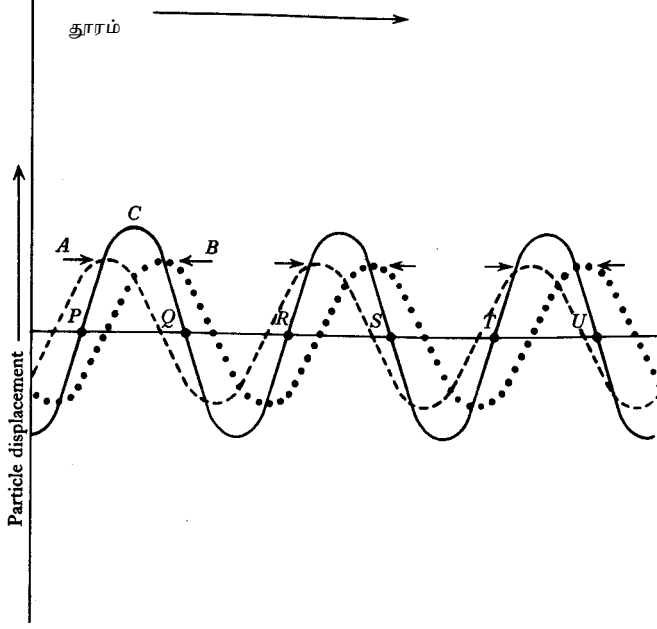
நாம் வெளியேறுகிற ஒலிக்கும் திரும்பி வரும் ஒலிக்கும் கால இடைவெளி இருந்தால் தான் பெரும்பாலும் எதிரொலி என்கின்றோம் பிரதிபலிக்கிற நடத்தை (phenomenon) சாதாரணமான அறைகளிலும் இசை அரங்குகளிலும் நடக்கும். அங்கு தூரங்கள் ஒப்பிடுகையில் குறைவானவை மற்றும் வெளியேறுகிற ஒலிக்கும் பிரதிபலிக்கிற ஒலிக்கும் மேலுறல் இருக்கும். இதை நாம் அரைகுறை எதிரொலி (reverberation) என்கிறோம். உருவாக்கப்பட்ட ஒலி போதுமான அளவு குறைந்தது என்றால் உண்மையான எதிரொலியைக் கேட்கலாம். ஒரு அறையில் அல்லது எந்த

மூடப்பட்ட இடத்திலும் இருக்கும் எதிரொலியையும் பல வகைகளில் மாற்றலாம். பர்னிச்சர்களோ ஆட்களோ இருந்தால் எதிரொலி குறையும். இதிலிருந்து பர்னிச்சர்களும் ஆட்களும் ஒலிசக்தியை உள்வாங்கிக் கொண்டிருக்கவேண்டும்; இதனால் பிரதிபலிப்பதற்கான சக்தி குறைந்திருக்க வேண்டும். ஒலி சக்தியை உள்வாங்கலும் பிரதிபலித்தலும் ஒன்று சேர்ந்த நிகழ்வல்ல. இது ஒலி அலையின் அலை நீளத்திற்கும் தடைகளின் வடிவுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்பால் பாதிக்கப்படும். பொதுவாகக் கூறினால் ஒலி அலை சந்திக்கும் தடைகள் அல்லது பரப்புகள் என்பன ஒலி அலை தூரத்தை விடக் கூடுதலாக இருந்தால் உட்கொள்ளப்படுவது சாத்தியமானது.

2.4.1. நிலைநிற்கும் அலைகள் (standing wave)

நான்கு மீட்டர் நீளமான வெற்றிடமான சமமட்டமான மற்றும் திடமான சுவர்கள் உள்ள அறையை கற்பனை செய்யவும். அறையின் நடுவில் 515 சுற்றுகளின் அதிர்வுகள் உள்ள இசைக்கவடியைப் பலமாக அதிர்ச்செய்வோம். ஒலி அலைகள் இசைக்கவடியிலிருந்து எல்லா திசைகளிலும் பயணம் செய்யும். எளிமையாக நாம் இசைக்கவடியிலிருந்து சுவர் இறுதிவரை படுக்கை வழியின் (horizontal path) ஒரு பகுதியை எடுத்துக் கொள்வோம். அதிர்வின் நிகழ்வு எண் 513 cps ஆனபடியால் அலைநீளம் $340/515=65$ cm ஆக இருக்க வேண்டும். அதிர்வுறுகிற இசைக்கவடிக்கு அறையின் நடுவில் ஒரு குறுகிய தூரம் அனுமதிக்கவும். இசைக்கவடிக்கு வலப்பக்கமும் இடப்பக்கமும் ஒலியின் மூன்று முழு அலை நீளங்களுக்கு இடம் இருக்கும். ஒவ்வொரு சுவரிலும் நிலைமை பிரதிபலித்தலுக்கு அனுகூலமாய் இருக்கிறது; எனவே மூல/உண்மை அலையிலிருந்து (Original wave) மிகவும் வேறுபடாத வீச்சு உள்ள பிரதிபலிப்பு அலை (reflected wave) உருவாகும். பிரதிபலிப்பு அலைநீளம் வெளிவரும் அலையின் அலைநீளம் போலவே இருக்கும். எனவே ஒவ்வொரு சுவருக்கும் இசைக்கவடிக்கு இடையில் மீண்டும் மூன்று அலை நீளங்களுக்கு இடம் இருக்கும்.

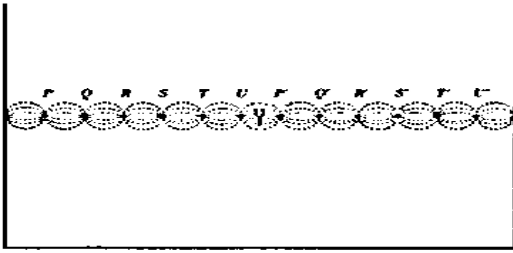
படம் 19 நிலைநிற்கும் அலைகளின் அமைப்பொழுங்கு (standing wave pattern) (Fry 1979: 40)



படம் 19இல் வெளியிடத்தில் எதிரிடையான திசையில் சலனிக்கிற வெளிவருகிற மற்றும் பிரதிபலிக்கிற அலையின் ஒரு பாகம் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டு எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளதைப் பார்க்கிறோம். அலை A வலது பக்கம் சலனிக்கிறது; அலை B இடது பக்கம் சலனிக்கிறது. இந்த இரு அலைகளின் பலன்/விளைவு எண்கணித அடிப்படையில் (algebraically) கூட்டப்படும்; விளைவு C என்ற தொடர்ச்சியான அலையாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெளியிடத்தில் 6 புள்ளிகளில் இந்த வளைவு பூஜியம் வழியாகச் செல்லுகிறது. ஏனென்றால் இங்கு A அலையும் B அலையும் எதிரிடையான நிலையில் (phase) இருக்கும்; அதாவது P என்ற புள்ளியில் Bஇன் எதிரிடையான மதிப்புக்குச் சமமாக A-க்கு நேரிடையான/உடன்பாடான மதிப்பு இருக்கும்; மறுதலையாக Q-இல் இருக்கும். இந்தப்படம் ஒரு குறிப்பிட்ட சிறிய கால அளவில் நிலைமையை உருப்படுத்தம் செய்கின்றது. மேலும் இந்த நிலை பயணிக்கின்றன என்பதை நினைவில் கொள்ளவும். ஒரு மில்லிசெகண்டின் ஒரு பாகத்திற்குப் பின் ஒரு இடத்தை (நிலையை) கற்பனை செய்யவும். அலை A வலது பக்கம் சிறிது தூரம் சலனித்திருக்கும்; B அதே தூரம் இடது பக்கம் சலனித்திருக்கும். இப்போது அவை முந்தைய C என்ற அலையுடன் ஒன்று சேர்வதாக (coincide) வைத்துக் கொள்வோம். C-ன் வீச்சு இப்போது கூடுதலாக இருக்கும்; A அல்லது Bஇன் நேரிடையான மதிப்பின் இரு மடங்கிற்குச் சமமாக இருக்கும். விளைந்த C அலைக்கும்

இடைவெளியால் அதே இடங்களில் பூஜியங்கள் இருக்கும். இவை P, Q, R, S, T, U என்று அடையாளப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. A மற்றும் B அலைகள் (ஒவ்வொரு சிறிய கால அளவிலும்) நொடியில் அவற்றின் உறவுகளை மாற்றுகின்றன; இந்த உறவுகள் எவ்வாறு மாறுகின்றன என்பது முக்கியமல்ல; விளைந்த அலையின் பூஜியங்கள் எப்பொழுதும் அதே புள்ளிகளில் இருக்கும். இந்தப் புள்ளிகளில் காற்றுத் துகள்கள் சலனிப்பதில்லை; ஏனென்றால் A அலையாலும் B அலையாலும் அவைகள் சமமான மற்றும் எதிரிடையான விசைக்கு ஆட்படுத்தப்படுகின்றன. பிற எல்லா புள்ளிகளில் காற்றுத் துகள்கள் அலைகள் Aயும் Bயும் கூட்டப்படுவதாலும் கழிக்கப்படுவதாலும் வேறுபடுகிற தூரங்களில் சலனிக்கின்றன. படம் 20இல் இந்த பலனின் எளிமையான பாதிப்பு தரப்பட்டுள்ளது.

படம் 20 ஒரு அறையில் நிலைநிற்கும் அலைகள்(Standing waves in a room) (Fry 1979: 41)



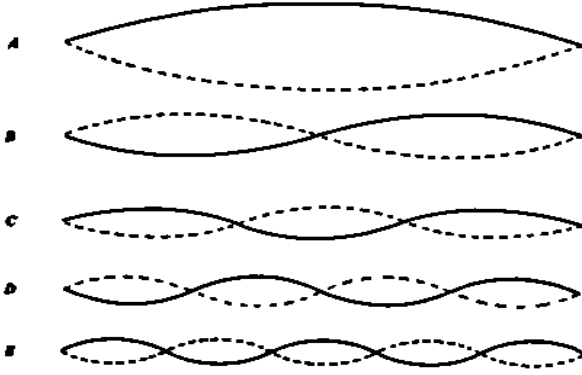
துகள் இயக்கம் இல்லாத புள்ளிகள் கணுக்கள் எனப்படும். அவை அரை அலை நீளத்தின் இட இடைவேளைகளில் (Spatial intervals) நிகழும். நாம் பார்த்த எடுத்துக்காட்டில் இசைக்கவடிக்கு வலதுபுறம் 6 புள்ளிகளும் இடப்பக்கம் 6 புள்ளிகளும் இருக்கிறது. கணுக்களுக்கிடையில் துகள்கள் மிகக் கூடுதல் இடப்பெயர்ச்சி அடையும் புள்ளிகள் இருக்கின்றன. அலைகள் கணுவில்லா இடங்கள் (antinodes) எனப்படும். இந்த கணுக்கள் அலை இயக்கத்தின் மேல் ஒரு குறிப்பிட்ட அமைப்பொழுங்கை (pattem) புகுத்துவதால் இந்த அலைகள் நிலைநிற்கும் அலைகள் (standing waves) எனப்படும். படம் 19இலும் 20இலும் அலைகள் குறுக்கலைகள் (transverse) போல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது தெளிவாக விளக்கத்தான்/முன்னிலைப்படுத்தத்தான் அது செய்யப்படுகின்றது. உண்மையான ஒலி அலைகள் அதே விதிகளுக்குக் கீழ்படியும் படுக்கை அலைகளாகும். நிலைநிற்கும் அலை (phase) மாற்றத்தால் பாதிக்கப்படாது.

நாம் தினமும் கேட்கும் அலைகள் மிக அரிதாகவே சுத்த சுரங்களாகும் (pure tones); எல்லாப் பேச்சு ஒலிகளும் கலவைத் தன்மையான சுரங்களாகும் (complex tone) அவைகள் அதிர்வு எண்களின் கலவையாகும். இவ்வாறு நிலைநிற்கும் அலை அமைப்பொழுங்குகளாக வருகிற அலைநீளங்கள் உள்ள பல நிகழ்வெண்கள் உள்ளன. இதற்குக் கூடுதல் அளவான ஒலியின் பிரதிபலிப்பு முன்தேவையாகும் (prerequisite). ஒரு அறைகளிலும் ஹால்களிலும் இம்மாதிரியான அமைப்பொழுங்குகளை இல்லதாக்க வேண்டும். அதே சமயம் எதிரொலி (reverberance) இல்லாத ஹாலில் ஒலி இனிமையாய் இராது. இரண்டிற்கும் இடைப்பட்ட சமநிலை பாலிக்கப்பட வேண்டும்.

2.4.2 அதிர்வின் பாங்கு (modes of vibrations)

அலை இயக்கத்தில் பிரதிபலிப்புகள் எந்த ஊடகத்திலும் நிகழலாம். ஒலி உருவாக்கத்தில் திடப்பொருளிலும் வாய்வுப் பொருளிலும் அலை இயக்கத்தின் பிரதிபலிப்பு முக்கிய காரணியாகும். ஆர்கெஸ்டாவில் பயன்படுத்தப்படும் பல இசைக் கருவிகள் நரம்புக் கருவிகளாகும். நரம்புக்கருவிகளில் நரம்புகள் இரு நிலையான இடங்களுக்கு இடையில் இழுத்துக் கட்டப்பட்டிருக்கும். நரம்புகளை இழுத்தோ மீட்டியோ ஒலி உருவாக்கப்படும். நரம்பில் உருவாக்கப்படும் அலை இயக்கம் குறுக்கானதாகும் (tranverse), படுக்கை நிலையானது அல்ல (harizandal). அதிர்வு இயக்கம் நரம்பு இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படும் இடத்திலிருந்து நரம்பு வழியாக இரு திசைகளிலும் பயணிக்கிறது. அலை இந்தப் புள்ளிகளிலிருந்து பிரதிபலிக்கப்படும் நிலைநிற்கும் அலைகள் நரம்பின் இரு முனைகளிலும் ஒரு கணுவருமாறு உருவாக்கப்படும். இழுக்கப்பட்ட நரம்பை அதிர்ச் செய்தால் அதன் இயக்கத்தில் பல வேறுபட்ட நிலை நிற்கும் அலைகள் நிகழும். முக்கியத் தேவை என்னவென்றால் இம்மாதிரியான நிலைநிற்கும் அலைகள் நரம்பின் நீளத்தில் சரியாகப் பொருந்த வேண்டும்; அதாவது ஒவ்வொன்றிற்கும் bridge-இலும் nut-இலும் கணுக்கள் இருக்க வேண்டும். தேவையைத் திருப்தி செய்யும் பல நிலை நிற்கும் அலைகளின் அமைப்பொழுங்கு படம் 21இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் 21 நரம்பில் அதிர்வின் வேறுபட்ட பாங்குகள் (Different modes of vibration in a string) (Fry 1979: 42)



எடுத்துக்காட்டு A கணுக்கள் இரு முனைகளிலும் உள்ள நரம்பின் முழு நீளத்தையும் உள்ளடக்கும் அலையாகும். எடுத்துக்காட்டு Bஇல் இரு அதிர்வுறும் அரைப்பகுதிகள் இருக்கத்தக்க விதத்தில் நரம்பின் நடுப்புள்ளியில் கூடுதலாக ஒரு கணு இருக்கிறது. எடுத்துக்காட்டு Cஇல் மொத்தம் நான்கு கணுக்கள் இருக்கின்றன; மூன்று அதிர்வுறும் பகுதிகள் இருக்கின்றன. Dஇல் 5 கணுக்களும் நான்கு அதிர்வுறும் பகுதிகளும் இருக்கின்றன. Eஇல் 6 கணுக்களும் ஐந்து அதிர்வுறும் பகுதிகளும் இருக்கின்றன. நரம்பின் இயக்கம் அதிர்வுறும் நரம்பின் வடிவை கற்பனை செய்ய முடியாத அளவுக்கு கலவைத் தன்மையுடையதாகும். இவை குறுக்கு அலைகளாகும். ஒவ்வொரு நிலைநிற்கும் அமைப்பொழுங்கும் அதிர்வின் பாங்கு (mode of vibration) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது; எனவே நரம்பு ஒரே சமயத்தில் பல வேறுபட்ட பாங்குகளில் அதிர்கின்றது. அதாவது முழுநீளத்திலும் அரை நீளங்களிலும் கால் நீளங்களிலும் அதிர்கின்றது. அதாவது முழுநீளத்திலும் அரை நீளங்களிலும் கால் நீளங்களிலும் $1/3$ நீளங்களிலும் $1/5$ நீளங்களிலும் அதிர்கிறது.

அதிர்வின் முதல் பாங்கில் நரம்பின் முழு நீளத்திலும் நரம்பின் நீளம் ஒலியின் அரை ஒலி நீளத்தை நிர்ணயிக்கின்றது. அதிர்வின் இரண்டாவது பாங்கில் நரம்பு அரைப்பகுதிகளில் அதிர்வதால் அரை அலை நீளம் பாதியாக்கப் பட வேண்டும்; அதாவது ஒலியின் நிகழ்வு எண் இரட்டிக்கப்பட வேண்டும். C, D மற்றும் Eஇல் அரை-அலை நீளம் முறையே $1/3$, $1/4$, $1/5$ ஆகும். எனவே அதிர்வு எண்கள் 3, 4, 5 இவற்றால் பெருக்கப்படுகிறது. பாங்கு Aஆல் வெளியிடப்பட்ட ஒலி 100 cps என்றால் பிற பாங்குகள் முறையே 200 cps, 300 cps, 400 cps, 500 cps என்ற அதிர்வு எண்களை உருவாக்கும். அதிர்வு எண்களின் இம்மாதிரியான தொடர்ச்சிகள் (series) ஒலியியக்க அடிப்படையில் மிக முக்கியம் வாய்ந்தது. இந்த எண்களின் வரிசை (sequence) ஒலியியைபு தொடர்ச்சிகள் (harmonic series) என்று அறியப்படும். நரம்பின் முழு நீளத்தையும்

உள்ளடக்கிய அதிர்வின் பாங்கு அடிப்படை நிகழ்வெண் (fundamental frequency) என்று அழைக்கப்படும். பிற பாங்குகளால் உருவாக்கப்படும் நிகழ்வெண்கள் ஒலியியைபுகள் ஆகும்; இவற்றிற்குத் தொடர்ச்சியாக ஏறுமுகமாக எண்ணிக்கை தரப்பட்டுள்ளன. நமது எடுத்துக்காட்டில் அடிப்படையான ஒலியியைபு (fundamental frequency) 100 cps ஆகும்; இரண்டாவது ஒலியியைபு 200 cps ஆகும்; மூன்றாவது ஒலியியைபு 300 cps ஆகும்; இவ்வாறு போய்க்கொண்டிருக்கும். ஒலியியைபு வரிசையில் எண்கள் ஏதாவது எண்ணைத் தொடக்கமாக எடுத்துக் கொண்டு இந்த எண்ணை அடுத்து வருகிற முழு எண்ணால் பெருக்கினால் கிடைக்கப்பெறுகின்றது. இப்படி அடிப்படை நிகழ்வெண் 120 என்றால் ஒலியியைபுகளின் நிகழ்வெண்கள் 120ஐ 2, 3, 4, 5 போன்றவற்றால் பெருக்கி கிடைப்பதாகும்; அதாவது 240 cps, 360 cps, 480 cps, 600 cps என வரும். அதிர்வுறும் நரம்பின் எடுத்துக்காடுகள் அதிர்வின் பாங்குகளைப் பற்றி தெளிவான அணுகு முறையைத் தருகின்றது. இந்த அலை இயக்கத்தின் வகுப்பு இசையில் முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றது

காற்றின் காளத்தில் உருவாக்கிய அலை-இயக்கம் அதிர்கிற நரம்புகளைப் போல அல்லாமல் படுக்கை அலைகளாகும் (longitudinal waves); ஆனால் பிற விசயங்களில் ஒலி உருவாக்குவதன் இரு வழிமுறைகளும் ஒப்புமையுடையன. அதிர்கிற பாங்குகளின் தொடர்ச்சிகள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொன்றும் வேறுபட்ட நிகழ்வெண்களை உருவாக்குகின்றன. எல்லா நிகழ்வெண்களும் ஒரு ஒலியைபு தொடர்ச்சிகளைச் சார்ந்த அங்கத்தினர்களாக உறவுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. அவை அடிப்படையின் பெருக்கல்களாகும். இந்த ஒழுங்கமைப்பின் மொத்த ஒலி வெளியீடு அதிர்வுகளின் கலவையாகும்; அதாவது ஒரு கலவைத் தன்மையான சுரமாகும்.

2.4.3 ஒலிப்பண்புத்திறன் (Sound quality)

ஒலியின் நிகழ்வெண் இசைமைக்குக் (pitch) காரணமானது, வீச்சு ஒசைக்குக் (loudness) காரணமானது என்று அறிவோம். ஒலியின் இயைபு ஒழுங்குமுறை, (harmonic structure of sound) அதாவது அடிப்படை நிகழ்வெண்கள் மற்றும் ஒலி இயைபுகளின் ஒத்தறி வீச்சுகள் (relative amplitudes) முக்கியமானதாகும்; ஏனென்றால் இது ஒலிப்பண்பின்/திறத்தின் முதன்மையான தீர்மானி ஆகும். இரு ஒலிகள் ஒரே இசைமையும் ஒசையும் கொண்டிருப்பதும் ஆனால் அவற்றின் திறத்தில் வேறுபட்டு வருவதும் சாத்தியமானதாகும். இது நிகழ்ந்தால் இந்த இரண்டும் ஒரே

அடிப்படை நிகழ்வெண்ணின் அடிப்படையில் அமைந்தாலும் ஒலியியைபின் வீச்சுகளின் வரிசைமுறையில்/அடுக்குமுறையில் நிச்சயமாக வேறுபட்டு இருக்கும். நாம் ஆர்செஸ்டிராவில் ஒலிகளின் ஒலியை அமைப்பில் வேறுபாடுகள் இருப்பதால் வேறுபட்ட இசைக் கருவிகளைத் தெரிந்து கொள்கிறோம். எடுத்துக்காட்டாக, புல்லாங்குழலின் ஒலி அடிப்படையில் கூடுதல் வீச்சலும் இரண்டாவது ஒலி இயைபாலும் எந்த உயர்ந்த ஒலியியைபிலும் குறைந்த சக்தியாலும் பண்பாக்கம் செய்யப்பட்டுள்ளது, புல்லாங்குழல் வாசிக்கப்படும் போது நாம் கேட்கும் வட்டத் திறனுக்கு (rounded quality) இது காரணமாகும். வேறுசில இசைக் கருவிகளில் ஒலியை 4 ஆவது ஒலியியைபிலிருந்து 12 ஆவது ஒலியை அரை வேறுபடும். எனவே நாம் கேட்கும் இசையும் வேறுபடும். இசைக் கவடிக்கும் ஒரே ஒரு பாங்கான அதிர்வு அடிப்படையிலான பாங்கு மற்றும் எல்லா ஒலியியைபிற்கும் பூஜிய வீச்சு இருப்பதால் இசைக்கவடியின் ஒலி திறம் பண்பு அற்று இருக்கிறது.

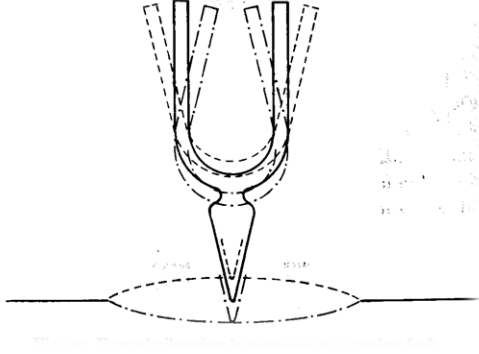
2.5. சுதந்திரமான மற்றும் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள்: ஒலியூக்கம் (free and forced vibration resonance)

விசையைச் சிறிது நேரம் செலுத்தி பின் எடுத்துவிட்டு உருவாக்கப்படும் எல்லா அலை இயக்கங்களும் சுதந்திரமான அதிர்வுகளின் விளைவாகும். சுதந்திரமான அதிர்வுகளை நிகழ்த்தும் ஒரு ஒழுங்குமுறை (system) அதன் இயல்பான நிகழ்வெண்ணில் (natural frequency) இசையும் உருவாக்கப்படுகிற ஒலியையும் (harmonics) நிகழ்வெண்ணுடன் தொடர்புகொண்டுள்ளதால் இந்தக் கலைச்சொல் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணைக் குறிப்பிடும்.

ஒலி அலைகளை உருவாக்குவதில் வேறு பல சாத்தியங்களும் இருக்கின்றன. ஒரு இசைக்கவடியை அடித்து அதிர்ச் செய்து ஒரு மேசை மேல் அதன் அடிப்பகுதியை வைத்தால் ஒலி முதலில் கேட்டதைவிடக் கூடுதல் ஒசையுடன் கேட்கும். மேசையின் மேற்பகுதியும் அதிர்வதால் இது நிகழ்கிறது. மேஜை மேல் நாம் அடித்து அதிர்ச்செய்தால் அது ஒரு ஒலி ஒலித்து உடனடியாக அடங்கும். இசைக்கவடியை அடித்தால் இசைக் கவடிக் கிளைகள் ஒவ்வொரு வட்ட இயக்கத்திலும் வலதுபுறமும் இடப்புறமாக அதிரும். கிளைகள் விரியும் போது அதன் அடி சிறிது உயரும்; சுருங்கும் போது அதன் அடி சிறிது தாழும். இந்த மேல் கீழ் ஆன இயக்கம் மேஜையின் மேற்பகுதி இசைக்கவடிக் கிளையின் நேரத்திற்கு தக்கவாறு அதிரும். இந்த இயக்கத்திற்கு இசைக்கவடியின் அதே நிகழ்வுஎண்கள் இருக்கும். இசைக்கவடி மேஜையின் மேற்பகுதியுடன் இணைசேருகின்றது. மேஜை தூண்டப்பட்ட அதிர்வை நிகழ்த்துகின்றது. சுதந்திரமான அதிர்வுகளுக்கு ஒரு விசை தரப்பட்டு உடனே திரும்ப எடுக்கப்படுகிறது. உந்தப்பட்ட/ தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகளில் விசை

மீண்டும் மீண்டும் செலுத்தப்படுகின்றது. இதனால் சக்தி ஒழுங்குமுறைக்கு தொடர்ந்து அளிக்கப்பட்டு அதை அதிரத்தூண்டுகிறது.

படம் 22 இசைக்கவடிக்கு பதிலான தூண்டப்பட்ட அதிர்வு (forced vibration in response to a tuning fork) (Fry 1979: 50)



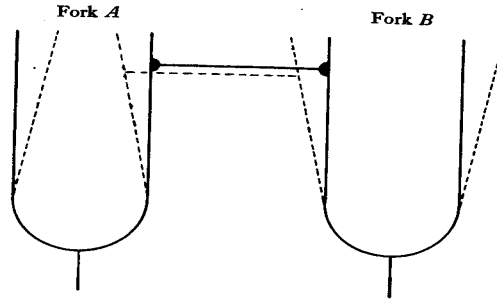
நாம் சக்தி அளிப்பதை தூண்டும் விசையாகவும் (driving force) சக்தி அளிக்கப்படும் ஒழுங்குமுறையை தூண்டப்பட்ட ஒழுங்குமுறையாகவும் எடுத்துக்கொள்ளலாம். மேற்சொன்ன எடுத்துக்காட்டில் இசைக்கவடி தூண்டும் விசையைத் தருகின்றது. மேலையின் மேற்பகுதி தூண்டப்படுகின்றது. தூண்டும் விசை தூண்டப்படும் ஒழுங்குமுறையுடன் இணை சேர்வதால் தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகள் நிகழ்கின்றன. இணை சேர்க்கை கூடுதலான குறைவான சக்தி வாய்ந்ததாக இருக்கின்றது.

2.5.1 உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு (amplitude of forced vibration)

ஒரு தூண்டும் விசையால் உருவாக்கப்பட்ட உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு (amplitude of vibration) எவ்வாறு இணைகள் நெருக்கமாக இணைசேர்க்கப்பட்டுள்ளது என்பதைப் பொறுத்து அமையும். நாம் இசைக்கவடியை அதிர்வுறச் செய்து மேலையின் மேற்புறத்தில் சிறிதாகத் தொட்டால் ஏற்படும் ஒலியின் ஓசையைக் காட்டிலும் கொஞ்சம் அழுத்தித் தொட்டால் ஏற்படும் ஒலியின் ஓசைக் கூடுதலாக இருப்பதைக் காணலாம். தூண்டப்பட்ட அமைப்பொழுங்கின் இயல்பான நிகழ்வு எண்களுக்கும் தூண்டும் விசைக்கும் உள்ள உறவுகளுடன் தொடர்புடைய வேறு ஒரு காரணி முக்கியமானதாகும்.

இயல்பான நிகழ்வெண் 100 Hz உள்ள இரண்டு இசைக்கவடிகளை எடுத்துக்கொள்ளவும். ஒன்று தூண்டும் விசையாகவும் இரண்டாவது தூண்டப்பட்ட ஒழுங்குமுறையாகவும் பயன்படுத்தப்படும். இரண்டையும் இணை சேர்ப்பதற்காக நாம் இரண்டு கவடிகளையும் ஒரு உலோகக் கம்பியால் படம் 23-இல் காட்டியபடி இணைக்கவேண்டும்.

படம் 23: ஒன்றிணைக்கப்பட்ட இணைக்கப்பட்ட இசைக்கவடிகளின் இயக்கம் (Fry 1979: 52)



இசைக்கவடி A-ஐ வலுவான அடியால் அதிர்வுச் செய்யவும். முதலில் இசைக்கவடி A-இன் கிளைகள் ஒன்றின் பக்கத்தில் ஒன்று வருமாறு இயங்கும். இசைக்கவடி A-யின் வலப்பக்க கிளை இசைக்கவடி B-யின் இடப்பக்கக் கிளையுடன் ஒன்றாகச் சேர்க்கப்பட்டிருப்பதால் இசைக் கவடி B-யின் கிளைகள் வெளிநோக்கி விரியும். இசைக்கவடி A தன் இயக்கத்தின் சுற்றுக்களை மீண்டும் மீண்டும் செய்யும். ஒவ்வொரு அரைச் சுற்றிலும் அதாவது ஒவ்வொரு மில்லி செகண்டிலும் அதன் திசை மாறும். இசைக்கவடி B இந்த இயக்கத்தைத் தொடரும். ஆனால் இசைக்கவடி B-யின் இயல்பான அதிர்வு எண் 100 Hz.

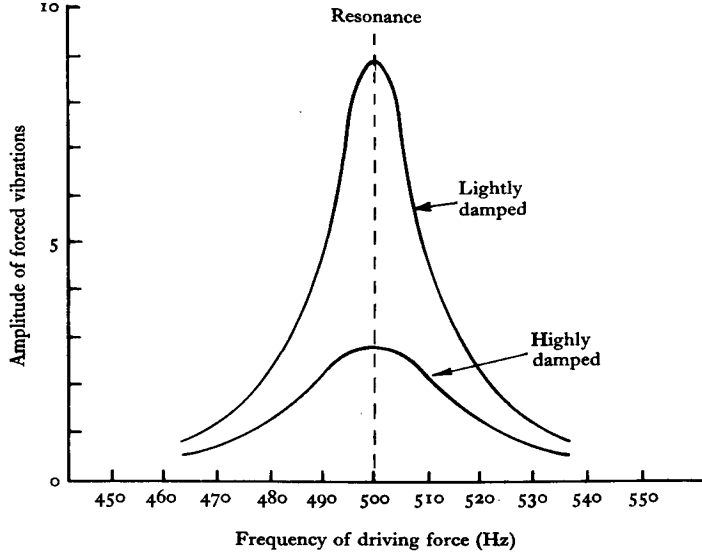
நாம் இசைக்கவடி B-ஐ 125 Hz இயல்பான அதிர்வு எண் உள்ள வேறுபட்ட இசைக்கவடியில் இடம்பெயர்த்து இசைக்கவடி A-யுடன் இணை சேர்ப்பதாய் வைத்துக்கொள்வோம். இசைக்கவடி A-யிலிருந்தான தூண்டல் B-ஐ அதிர்ச்செய்யும். ஆனால் 1 மில்லி செகண்டிற்குப் பின்னர் புதிய இசைக்கவடி அதன் திசையை மாற்ற முயலும்; ஏனென்றால் இந்தத் திசை மாற்றம் அதன் இயல்பான அதிர்வு எண்ணான 125 Hz உடன் பொருந்தும். எனவே அது தூண்டும் விசையை எதிர்க்கும். முதல் 5 மில்லி செகண்டிற்குப் பின் இசைக்கவடி A அதன் திசையைத் திருப்பும். சிறிது மில்லி செகண்ட் புதிய இசைக்கவடியின் இயல்பான அதிர்வு எண் தூண்டும் விசையுடன் ஒத்திருக்கும். அனால் 8 மில்லி செகண்டிற்குப் பின் அது தன் திசையைத்

திருப்ப முயற்சிக்கும். அடுத்தடுத்த சுற்றுக்களின் விகிதத்திற்கு தூண்டப்பட்ட அமைப்பொழுங்கு தூண்டும் விசையை எதிர்க்கும். இசைக் கவடிக்கு இடையே உள்ள இறுதியான எதிர்ப்பின் பாதிப்பு உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் விசையைக் குறைக்கும். இசைக் கவடியால் மேசை மேற்புறத்தில் உந்தப்படும் விசை சிறிது வேறுபாடானது.

மேஜை மேற்பரப்பில் தரப்படும் சின்ன அடி 100 Hz அதிர்வு எண் உள்ள சுதந்திரமான அதிர்வுகளை உருவாக்கும். நாம் 100 Hz அதிர்வெண் உள்ள இசைக்கவடியின் அடிப்பகுதியை மேஜை மேற்பரப்பில் வைத்தால் நாம் ஏதோ வீச்சு உள்ள உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளை உருவாக்குவோம். ஏனென்றால் மேஜை மேற்பரப்பின் இயல்பான பண்பு இசைக்கவடியுடன் இணைப்பதே அன்றி எந்த நேரத்திலும் தூண்டும் விசையை எதிர்ப்பது அல்ல. மேஜையின் மேற்பரப்புக்கு வேறு ஒரு பண்பும் இருக்கிறது. அது கூடுதல் தேய்ந்துமாயும் தன்மையுடையது (damped). அது சுதந்திரமான அதிர்வுகளை நிகழ்த்தினால், படம் 13-இல் காட்டியுள்ளது போன்ற அலை வடிவைக் கொண்டிருக்கும். இதன் காரணமாக மேஜையின் மேல்புறத்தில் செலுத்தப்பட்ட விசை விரைவில் பயன்படுத்தப்படும். எனவே நிகழ்வெண் அதன் இயல்பான நிகழ்வெண்ணிலிருந்து வேறுபட்டிருந்தால் கூட அதற்குத் தூண்டும் விசையை எதிர்ப்பதற்குச் சக்தி இருக்காது. உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் கூடுதலான வீச்சு மேஜையின் மேற்புறத்தின் இயல்பான நிகழ்வெண்ணுடன் பொருந்துகிற தூண்டும் விசையிலிருந்து தான் கிடைக்கும்.

அதிர்வுறுகிற எந்த பொருளையும் சாதகமான சூழலில் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளை நிகழ்த்தச் செய்யலாம். பேச்சைப் பொறுத்தவரையில் காற்றுக் கற்றைகளை (column of air) அதிரும் படி உந்தலாம் என்பது உண்மையாகும். ஒரு நீண்ட ஜாரில் வாயின் மேல் அதிரும் இசைக்கவடியைக் காட்டியபடி ஜாரில் நீர் ஊற்றினால் ஜாரிலிலுள்ள நீர் ஒரு நிலையை அடையும் போது இசைக்கவடியின் ஒலி சப்தமாகக் கேட்கும். அந்நிலையில் ஜாரில் உள்ள காற்றுக்கற்றையின் நீளம் இசைக்கவடியின் நிகழ்வு எண்ணுடன் பொருந்துமாறு அதன் இயல்பான நிகழ்வெண்ணை அடைவதால் இது நிகழ்கிறது; இந்நிலையில் கூடுதல் வீச்சு உள்ள தூண்டப்பட்ட அதிர்வுகளை நிகழ்த்துகிறது. இசைக்கவடிக்குப் பதிலாக ஒரு சின்ன ஒலிபெருக்கியையும் சுத்த சுரத்தைத் தரும் ஒலிப்பான்களையும் இந்த ஒழுங்குமுறையால் வெளியடப்படும் ஓசையின் வீச்சைப் பதிவு செய்ய ஒலிநிலை அளவுக்கருவியையும் பயன்படுத்தி தூண்டும் விசையின் அதிர்வு எண்ணுடன் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சைத் தொடர்புப்படுத்தி பின்வருமாறு வரைபடம் வரையலாம்.

படம் 24: மிகக் குறைவாகத் தேய்ந்துமாயும் மற்றும் மிகக் கூடுதல் தேய்ந்துமாயும் ஒழுங்குமுறைகளின் ஒலியூக்க வளைவு (Resonance curve for lightly damped and highly damped systems) (Fry 1979: 54)



ஒரு கண்ணாடி ஜாரில் இருக்கும் காற்றுக்கற்றையின் இயல்பான அதிர்வு எண் 500 Hz ஆகும். தூண்டும் விசைக்கு இந்த அதிர்வு எண் இருந்தால் மிகக் கூடுதலான உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு கிடைக்கும். படத்தில் தூண்டும் விசையின் அதிர்வு எண் படுக்கை அளவுகோட்டில் ஹெர்ட்சில் (hertz) காட்டப்பட்டுள்ளது. உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு செங்குத்து அளவுகோட்டில் இடுகுறித்தன்மையான அலகுகளால் தரப்பட்டுள்ளது. தூண்டும் விசையின் அதிர்வு எண் தூண்டப்படும் ஒழுங்கமைப்பின் இயல்பான அதிர்வெண்ணிலிருந்து விலகிச் செல்வதால் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு குறைகின்றது. அதாவது 510 Hz-இலும் 490 Hz-இலும் வீச்சுகள் சமமானது. தூண்டும் விசையின் அதிர்வுஎண் ஒழுங்கமைப்பின் இயல்பான அதிர்வு எண்ணிற்குச் சமமாக இருக்கும் நிலையில் ஒலியூக்க நிலையாகும் (condition of resonance). தூண்டும் விசையின் அதிர்வு எண்ணை உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் விசையுடன் தொடர்புபடுத்தும் வளைவின் வகை ஒலியூக்க வளைவாகும் (resonance curve). படம் 24 மிகக் குறைவாகத் தேய்ந்துமாயும் ஒரு ஒழுங்குமுறையையும் மிகக் கூடுதலாகத் தேய்ந்துமாயும் மற்;றொரு ஒழுங்குமுறையையும் இரண்டு எடுத்துக்காட்டுகளாகக் காட்டுகின்றது. தேய்ந்துமாயும் தன்மை கூடுவது ஒலியூக்க வளைவில் இரண்டு பாதிப்புகளைச் செய்கின்றது: வளைவைச் சிகரமில்லாமல் செய்கிறது மற்றும் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளில் பாதிக்கப்பட்ட வீச்சின் நிலையைக் குறைக்கின்றது. தேய்ந்துமாயும் தன்மை உராய்வு விசைகளைச் சரிகட்டச் சக்தியை விரயம் செய்ய ஒழுங்குமுறைகளை ஊக்குவிக்கின்றது. அதிர்வு இயக்கங்களாகச் சக்தியைக் குறைக்கின்றது. ஒரு அதிர்வுறும் ஒழுங்கமைப்பில் தேய்ந்துமாயும் அளவு கூடுதல் என்றால், இயக்கத்திற்கு எதிரான தடை ஒத்தறி அடிப்படையில் கூடுதல் ஆகும். மேலும் ஒழுங்குமுறையில் செலுத்தப்பட்ட விசை மிகக் குறைவான ஆட்டத்தைத் தான் தரும். இது சுதந்திரமான அதிர்வுகளுக்கும் உந்தப்பட்ட

அதிர்வுகளுக்கும் பொருந்தும். ஒழுங்கமைப்பின் பண்புகள் எதாக இருந்தாலும் ஒலியூக்கத்தின் கட்டுப்பாடுகள் பெறப்பெற்றால் (அதாவது தூண்டும் விசையின் அதிர்வு எண் தூண்டப்பட்ட அமைப்பொழுங்கின் இயல்பான அதிர்வு எண்ணுடன் பொருத்தமுற்றால்) உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் மிகக் கூடுதலான வீச்சு நிகழும். இந்தக் கட்டுப்பாட்டில் உள்ளீடு செய்யப்பட்ட சக்திக்கு மிகக் கூடுதலான வெளியீடு கிடைக்கும். உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள் சக்தியைப் பயன்படுத்தும் தூண்டும் விசையின் ஒரு பகுதி ஒலியூக்க ஒழுங்குமுறையை இயங்கச் செலவிடப்படும். மீதிப் பகுதி ஒலி அலைகளாக வெளிவரும். உள்ளீட்டு சக்தியைவிடக் கூடுதலாகச் சக்தி கிடைக்காது. ஒலியைப் பெரிதாக்க இயலும் மின் சக்தி வடிவில் தேவைப்படுகிற கூடுதலான சக்தி தருகிற மின் ஒலிபெருக்கிகளைப் பயன்படுத்தித் தான் இதைச் செய்ய இயலும். ஒலியூக்கிகள் ஒலிபெருக்கிகள் அல்ல; மேலும் அவை ஒலி அலைகளாக வெளியிடும் சக்தி ஒழுங்குமுறையில் உள்ளீடு செய்த சக்தியை விடக் குறைவாகும்.

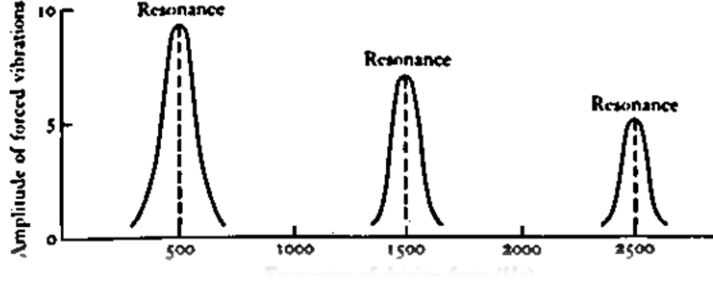
2.5.2. கலவைச் சுரங்களும் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளும் (complex tones and forced vibration)

உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள் பற்றி செய்த கருத்தாடலில் இதுவரை நாம் இயக்கும்/உந்து விசையின் (driving force) 'அதிர்வெண்ணை' மட்டும் குறிப்பிட்டோம்; மேலும் எடுத்துக்காட்டுகள் ஒரு தனி அதிர்வெண்ணை (simple frequency) வெளியிடும் இசைக்கவடியைப் பயன்படுத்துவதை மட்டும் உட்படுத்தியது. நடைமுறையில் நாம் கேட்கும் எல்லா ஒசைகளும் கலவைத்தன்மையான சுரங்களாகும் மற்றும் அவற்றை உருவாக்கும் ஒழுங்குமுறைகள் நிகழ்வெண்களின் கலவையை வெளியிடுகின்றன; இதன்காரணமாக உண்மையான சூழல்களில் இயக்கும்/உந்து விசை (driving force) ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட நிகழ்வெண்ணைக் கொண்டிருப்பது நிச்சயமாகும்; ஒலி இயைபுகளின் (harmonics) மொத்தப் பரப்பெல்லையையும் கொண்டிருக்கும். இயக்கும்/உந்து விசை பல எண்ணிக்கையிலான நிகழ்வெண்களைக் கொண்டிருந்தால் என்ன நிகழும் என்பது கேள்வியாகும். அந்தக் கொள்கை மாறாமல் இருக்கும்; நாம் தரப்பட்ட ஒரு ஒழுங்குமுறையை இயக்கினால்/உந்தினால், எடுத்துக்காட்டாக கண்ணாடி ஜாரில் உள்ள காற்றுப் பத்தியை இயக்கியால்/உந்தினால், அதன் நடத்தை முன்பு இருந்ததைப் போன்றிருக்கும்; இயக்கும்/உந்து விசை கொண்டிருக்கும் நிகழ்வெண்களின் கலவை ஒழுங்குமுறையின் இயல்பான நிகழ்வெண்ணை உட்படுத்தினால் ஒலியூக்கியின் நிபந்தனைநிலை கிடைக்கும் மற்றும் கண்ணாடி ஜாரிலிருந்து ஒரு உச்சமான வெளியீடு (peak of output) இருக்கும். ஒலியூக்கி அது பதிலளிக்கும் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணை அதிர்வெண் கலவையிலிருந்து தெரிந்தெடுக்கும்.

ஆர்செஸ்ட்ரா காற்றுக் கருவிகளின் முந்தைய கருத்தாடலில் நாம் அவற்றின் இயக்கத்தின் எளிய பார்வையைத் தந்தோம்; அவை சுருக்கமாகக் கூறப்பட்ட இயல்பு நிகழ்ச்சியைப் பொறுத்து அமையும். ஒரு ஒபோவின் அல்லது கிளாரினெட்டின் தூம்புக்குழல் இசைக்கருவியின் உடலிலிருந்து வேற்படுத்தப்பட்டு ஊதப்பட்டால் அது உரத்த கீச்சிடு ஓசையை வெளியிடும். இந்த ஓசை நிகழ்வண்களின் பரந்த பரப்பெல்லையைக் கொண்டிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாகத் தூம்புக்குழல் ஒபோவின் உடலில் இணைக்கப்பட்டால் உடல் ஒரு ஒலியூக்கியாகச் செயல்படும் மற்றும் நிகழ்வண்களின் பரப்பெல்லைகளிலிருந்து இசைக்கவேண்டிய சுருதிக்குப் பொருத்தமான ஒன்றைத் தெரிந்தெடுக்கும். கண்ணாடி ஜாரின் காற்றுப் பத்தியை நீரை ஊற்றி மாற்ற இயலுவது போன்று காற்றுக்கற்றையின் நீளம் சாவிகளைத் திறப்பதாலும் மூடுவதாலும் வேறுபடுத்தப்படுவதால் ஒலியூக்கியைத் தக்கவாறு அமைத்துக்கொள்ள இயலும்.

உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் இந்த விளக்கத்தை முழுமையாக்குவதற்கு மேலும் ஒரு சிக்கலைச் சேர்க்கவேண்டும். நிலைநிற்கும் அலைகளைப் பற்றி கருத்தாடல் செய்யும் போது நாம் ஒபோவின் உடல் ஒலியைபுகளின் பரப்பெல்லையின் அலைநீளத்தோடு தொடர்புள்ள அதிர்வுகளின் பாங்குகளின் பல எண்ணிக்கைகளைக் கொண்டிருக்கும் என்று கண்டோம். ஒலியூக்கம் நிகழ்வண்களின் நிகழ்வுப்பொருத்தத்தை பொறுத்து அமைவதால், அது நிச்சயமாக அலைநீளங்களின் நிகழ்வுப்பொருத்தத்தைக் குறிப்பாக உணர்த்தும்; எனவே ஒபோவின் உடலைப் போன்று ஒலியூக்கி ஒன்றிற்கும் மேற்பட்ட ஒலியூக்கத்தைக் கொண்டிருக்கும்; அதிர்வுகளின் பல்வேறு பாங்குகளுடன் பொருந்தும் எந்த நிகழ்வெண்ணும் ஒலியூக்கத்தை வருவிக்கும். நமது எடுத்துக்காட்டில் கண்ணாடி ஜாரில் உள்ள காற்றுப் பத்தி (air column) 500 Hz-இல் ஒலியூக்கத்தைக் காட்டும். நாம் தூண்டும் விசையின் அதிர்வு எண்ணை அதிகரித்துக்கொண்டே சென்றால் கண்ணாடி ஜாரில் 1500 Hz-இலும் 2500 Hz-இலும் தோன்றும் ஒலியூக்கங்கள் இருப்பதைக் காணலாம். தூண்டும் விசை கூடக்கூட உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள் குறையும்; ஒலியூக்க வளைவு படம் 25-இல் உள்ளது போல் இருக்கலாம். காற்றுப் பத்தியில் உள்ள பல் ஒலியூக்கத்தின் கொள்கை (principle of multiple resonance) பேச்சால் ஏற்படும் கருத்துப் பரிமாற்றத்திற்கு அடிப்படையாகும். ஒலியியைபு செறிவாயுள்ள ஒரு விசையால் காற்றுப் பத்தி தூண்டப்பட்டால் காற்றுப் பத்தியின் ஒலியூக்கம் தூண்டும் விசையின் வீச்சை மாற்றும்; இதன்படி விளைகிற ஒலியின் மிகக் கூடுதலான வீச்சு காற்றுப் பத்தி ஒலியூக்கம் செய்கின்ற அதிர்வுகள் ஆகும்.

படம் 25: பல ஒலியூக்கங்களின் உருப்படுத்தம் (Representation of multiple resonance) (Fry 1979: 57)



2.5.3. வடிகட்டிகள் (filters)

ஒலியூக்கம் என்ற சொல் பல சூழல்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; மேலும் முறையாக அது 'நல்லது' என்ற உட்கோளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; இது சில ஒலியிக்கவியல் நன்மைகளைத் தருகின்றது என்ற கருத்து தவிர்க்கமுடியாமல் எழுகின்றது. இருப்பினும் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள் சக்தியைப் பயன்படுத்துகின்றது என்பதை நினைவில் கொள்ளவேண்டும்; உந்து விசையின் ஒரு விகிதம் ஒலியூக்க ஒழுங்குமுறையை இயக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; மீதி ஒலியலைகளாக வெளிப்படுத்தப்படும்; ஆனால் நாம் பயன்படுத்தப்படுகின்ற சக்திக்குக் கூடுதலாக முழுச் செயல்பாட்டிலிருந்தும் கூடுதல் சக்தியைப் பெற இயலாது. ஓசையை நிச்சயமாக அதிகரிக்க இயலும்; ஆனால் தேவையான கூடுதலான சக்தி மின் சக்தி வடிவில் தரப்படுகின்ற மின் பெருக்கிகள் போன்ற பொருட்களின் பயன்பாட்டின் மூலம் இது இயலும். ஒலியூக்கிகள் மின் பெருக்கிகள் அல்ல மற்றும் அவை ஒலியலைகளாக வெளியிடும் சக்தி ஒழுங்குமுறைக்குத் தரப்படுகின்ற அளவைவிட எப்பொழுதும் குறைவாகும்.

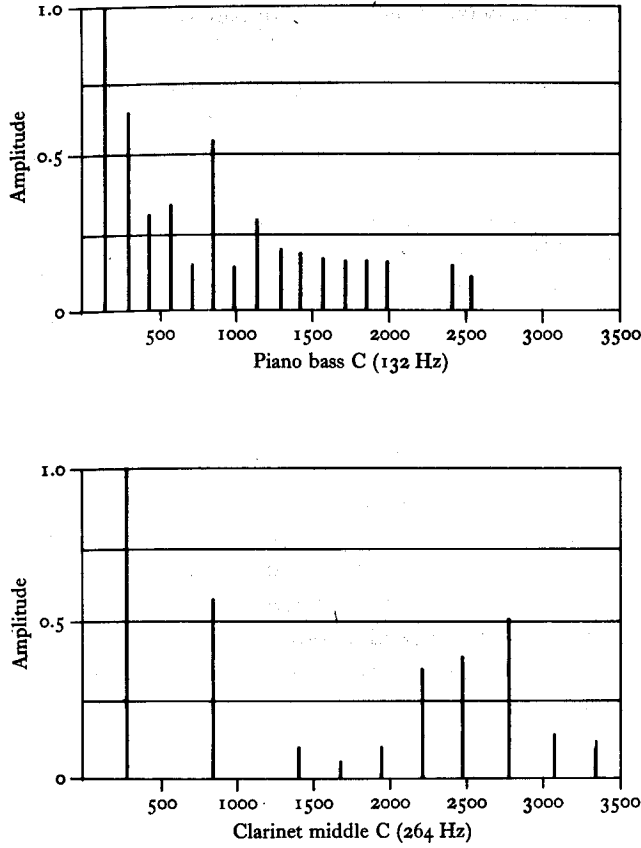
மேற்சொன்னதை மனதில் கொண்டு நாம் படம் 25-இல் காட்டப்பட்டுள்ள சூழலை இரு வழிகளில் பார்க்க இயலும்: தூண்டப்பட்ட ஒழுங்கமைப்பு 500, 1500, 2500 Hz என்ற இடங்களில் தூண்டும் விசைகளுக்கு அதிர்வுகளின் உந்தப்பட்ட மிகக் கூடுதலான வீச்சுடன் செயல்படும். ஆனால் இது 600 முதல் 1400 வரை மற்றும் 1600 முதல் 2400 வரை எல்லைக்குள் சக்தியை உறிஞ்சும். ஒலியூக்கிகள் இந்த இரண்டாம் செயல்பாட்டின் நோக்கிலிருந்து கருதப்பட்டால் அவை இறுப்பான்களாகக் குறிப்பிடப்படும். ஒலியியக்க வடிகட்டிகள் அதிர்வின் சில பரப்பெல்லைகளின் வீச்சைக் குறைக்கும். அதே சமயம் பிற அதிர்வெண் கற்றைகளை/பாண்டுகளை (frequency

bands) மிகக் குறைந்த வீச்சுடன் அனுமதிக்கும். பேச்சு நுட்பம் ஒலியூக்கிகளின் இந்த இறுக்கும் செயல்பாட்டைக் கூடுதலாகப் பயன்படுத்தும். ஒலியியக்க வேலையில் (acoustic work) ஒலிகளைச் செயற்கையாக இறுக்க வேண்டி வரும்; இது ஒரு அதிர்வு பாண்டில் குறியீடுகளின் (frequency bands) கடத்தலை அனுமதித்து பிற எல்லாவற்றையும் அடக்கி மின் இறுப்பான்களைப் பயன்படுத்தி சாதிக்கப்படும் (அதாவது ஒலியியக்க ஒலியூக்கிகளுக்கு ஒப்பான மின்சார வழிகள்).

2.5.4. நிறமாலை (sound spectrum)

நாம் கேட்கின்ற பெரும்பாலான ஒலிகள் யாவும் மற்றும் பேச்சின் ஒலிகள் யாவும் கலவை சுரங்களாகும் (complex tones). அவற்றில் மிகக் கூடுதலான விகிதம் அடிப்படையான அதிர்வெண்களையும் (fundamental frequency) ஒலியியைபு வரிசையில் இருக்கிற அதிர்வு எண்களையும் கொண்டிருக்கின்றது. ஒலிகளின் வர்ணனையும்/நிறமாலையும் குறிப்பீடும் கலவையில் எந்த அதிர்வு எண்கள் காணப்படும் மற்றும் அவற்றின் ஒத்தறி வீச்சுகள் என்ன என்பதை அடக்கும். இம்மாதிரியான கூற்று ஒலியின் ஒலிவர்ணனையைக் குறிப்பிடுவதாகக் கூறப்படும். ஒலியின் ஒலிவர்ணனையை அடைய அதை அதன் கூறுகளின் அதிர்வுகளாகப் பிரித்து எல்லா கூறுகளின் ஒத்தறி வீச்சை அளக்கவேண்டும். இந்த செய்தி ஒலியியக்க ஆய்வின் (acoustic analysis) செயற்பாங்கால் பெறப்படும். இந்த ஒலியின் ஒலியியக்க ஆய்வின் விளைவுகளை ஒரு அட்டவணையில் காட்டலாம். இந்த அட்டவணையில் எடுத்துக்காட்டாக, அடிப்படை அதிர்வெண் 100 Hz-க்கு 8 அலகுகள் உள்ள வீச்சுகள் இருக்கின்றது. இரண்டாவது ஒலியியைபு 200 Hz-க்கு 5 அலகு வீச்சு இருக்கின்றது. மூன்றாவது ஒலியியைபு 300 Hz-க்கு பூஜிய வீச்சு இருக்கிறது என்பது போன்ற செய்திகளைத் தரலாம். வரைபடத்தில் தந்தால் இந்தச் செய்திகளை எளிதில் புரிந்துகொள்ள இயலும். குறிப்பாகப் பல ஒலிகளின் வர்ணனையை/நிறமாலையை ஒப்பிடுவதற்கு எளிதாக இருக்கும். இது தான் ஒலியியக்க ஆய்வின் முக்கிய குறிக்கோள்.

படம் 26: பியானோ மற்றும் கிளாரினட் சுரங்களின் ஒலி நிறமாலைகள் (Fry 1979: 59)



அடிக்கடி காட்டப்படுகிற ஒலி வர்ணணையின் ஒரு வடிவு படம் 26-இல் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிர்வெண்கள் ஹெர்ட்சில் (Hz) படுக்கை அளவையில் (horizontal scale) தரப்பட்டுள்ளன. கூறுகளின் ஒத்தறி வீச்சு செங்குத்து அளவையில் தரப்பட்டுள்ளன. மிகக் கூடுதல் வீச்சு உள்ள கூறுக்கு 1.0 மதிப்பீடு தரப்பட்டுள்ளது. இந்த மதிப்பீட்டின் பகுதியாகப் பிற எல்லா கூறுகளின் வீச்சு வெளிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எங்கெல்லாம் செங்குத்துக்கோடு வரையப்பட்டுள்ளதோ அங்கெல்லாம் கலவையில் இருக்கிற அதிர்வெண்ணின் கூறு வீச்சுடன் காட்டப்பட்டுள்ளது. பிற அதிர்வெண்களில் பூஜிய ஒலிசக்தி இருக்கிறது. இரண்டு எடுத்துக்காட்டுகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒன்று 132 Hz அடிப்படை அதிர்வெண் உள்ள நடு C-க்கு கீழே ஒரு ஆக்டேவ் வாசிக்கப்படுகிற பியானோவின் பாஸ் C (bass of piano); மற்றொன்று 264 Hz அடிப்படை அதிர்வெண் உள்ள நடு C வாசிக்கப்படுகிற கிளாரினெட். ஒவ்வொன்றிலும் ஒலி வர்ணணையில் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ள எந்த கூறும் ஒலியியைபு வரிசையில் இருக்கவேண்டும். அடுத்தடுத்த (தொடர்கிற) ஒலியியைபு அடிப்படை

அதிர்வெண்ணுக்கு சமமான இடைவேளையில் தோன்றும். பியானோ சுருதியில் (piano note) அடுத்தடுத்த ஒலியியைபுகள் பரந்த அதிர்வுஎண் எல்லைக்குள் நிகழும்/வரும். ஏனென்றால் அடிப்படை அதிர்வெண் குறைவானதால் அவை அண்மைப்பட்டு தோன்றுகின்றது. கிளாரினெட் சுருதியின் (clarinet note) அடிப்படை அதிர்வெண் ஒரு ஆக்டேவுக்குக் கூடுதல் ஆகும்; எனவே அடுத்தடுத்த ஒலியியைபுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் இரண்டு மடங்காகும். 1500 Hz-க்கு மேலே இருந்து தான் கிளாரினெட் சுரத்தில் (clarinet tone) அடுத்தடுத்த ஒலியியைபு தோன்றுகிறது. இரண்டாவது மற்றும் நான்காவது ஒலியியைபுகளுக்கு பூஜிய வீச்சு இருக்கின்றது. பியானோவிலும் கிளாரினெட்டிலும் ஒலிகளை உருவாக்குவதில் உள்ள நுட்பத்தில் முக்கிய வேறுபாடுகள் இருக்கின்றன. பியானோ சுரம் சுத்தியால் அடிக்கப்படும் பியாயனோ நரம்பின் சுதந்திரமான அதிர்வுகளின் விளைவால் கிடைப்பதாகும். ஆனால் கிளாரினெட்டின் காற்று பத்தி (air column) தொடர்ந்த அதிர்வின் காரணமாக உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளை நிகழ்த்துகின்றது. இது பியானோவின் தனிக் குணமாக இருக்கிற ஒலியின் விரைவான தேய்ந்துமாய்தலைக் காட்டாது. இருப்பினும், படம் 26-இல் தோன்றுகிற ஒலிவர்ணணையில் (sound spectrum) வேறுபாடுகள் நாம் இந்த இசைக்கருவிகளுக்கு இடையில் கேட்கிற ஒலிவேறுபாடுகளுக்குக் காரணமாகும்.

ஒலி வர்ணனை அமைப்பொழுங்கில் உள்ள வேறுபாடுகள் ஒலி வர்ணனைக் கருவியின் உதவியால் (spectrograph) பதிவு செய்யப்படுகின்றது. இந்தக் கருவியின் செயல்பாடு ஒலிவர்ணனைப் படத்தை (spectrum) வரைவதாகும். தேவையான ஒலியியக்க ஆய்வு மின்னணு இறுப்பான்களால் (electronic filters) செய்யப்படும். படம் 25இன் ஒலியூக்க வளைவுகள் முறையே 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz இவற்றிக்கு ஒத்திசைவு செய்யப்பட்ட அம்மாதிரியான இறுப்பான்களின் பதிவை உருப்படுத்தம் செய்ய இயலும். இந்த இறுப்பான்களை உட்படுத்திய ஆய்வுக்கருவியில் கலவை சுரம் தரப்பட்டால் 500 Hzஇல் அல்லது அதற்கு மிக நெருக்கமான எந்த கூறும் இறுப்பானால் மிகக்குறைவான இழப்பால் கடத்திவிடப்படும்; மற்றும் இறுப்பானின் மின் வெளியீட்டின் அளவீடு இந்தக் கூறின் ஒத்தறி வீச்சைத் (relative amplitude) தரும். இதுபோன்று பிற இரண்டு இறுப்பான்கள் 1500Hz, 2500Hz இவற்றில் மையமிடப்பட்ட குறுகலான பாண்டுகளில் கூறுகளின் வீச்சைப் பதிவு செய்யும்; குறுக்கிடுகின்ற நிகழ்வெண்ணின் பரபெல்லைகளை ஓசையின் முழு ஆய்வைத் தர இதே போன்ற முறையில் அகன்றாய இயலும். படம் 25இன் அமைப்புகள் விளையும் ஒலிவர்ணனைப் படம் எடுக்கும் ஒரு வடிவைக் காட்டும்; மற்றும் பேச்சு ஒலிகளின் ஆய்வில் ஒலிவர்ணனைக் கருவி தவிர்க்க இயலாத கருவியாக நிரூபித்துள்ளதை பின்வரும் துணை இயல்களில் நாம் காண்போம்.

2.6. பேச்சு உருவாக்கியாகப் பேச்சு இயக்கநுட்பம் (speech mechanism as sound generator)

இயற்கையில் காணப்படும் ஒலி அலைகள் மிகவும் கலவைத் தன்மையானது பேச்சின் ஒலி அலைகள் ஆகும். ஒலிகளின் உருவாக்கியாகக் கருதப்படும் பேச்சு இயக்க நுட்பம் (speech mechanism) மிகச் சிக்கலான வழியில் செய்யப்பட வேண்டும் மற்றும் பலவகைப்பட்ட வழிகளில் செயல்படக் கூடியது. தொண்டை தான் பேச்சுக்கான மூலம் ஆகும். தொண்டையிலிருந்து உதடுகள் வரையிலான காற்றுப் பத்தி (air column) அதாவது பேச்சுக்குழல் (vocal tract) ஒரு ஒழுங்குமுறையாகும். எந்த ஒலியையும் விசையோ சக்தியோ தராமல் உற்பத்தி செய்ய இயலாது என்று நமக்குத் தெரியும். எனவே நாம் பேச்சுக்குச் சக்தியின் வினியோகத்தை நிறுவவேண்டும்.

2.6.1 பேச்சில் சக்தியின் வினியோகம் (Energy supply in speech)

பேச்சு ஒலிகள் ஒரு பேசுபவரிடமிருந்து கணிசமான நேரத்திற்கு தொடர்ச்சியான ஒழுக்காக வரும்; மேலும் தேவையான சக்தி இசைக்கவடி இயக்கப்படுவது போன்று ஒரு சுருக்கமான தருணத்தில் செலுத்தப்படுவதில்லை. நுரையீரல் மற்றும் மார்பு மற்றும் வயிறு இவற்றின் தசைகள் அடங்கிய மூச்சு விடும் இயக்க நுட்பம் தான் (breathing mechanism) சக்தி வினியோகத்தை உருவாக்கும். நாம் பேசவில்லை என்றால் மூச்சுவிடுதல் ஒரு மினிட்டுக்குச் சராசரி 15 தடவை காற்றை உள்ளிழுத்து வெளியே விடும் சீரான செயல்பாடாகும். சீராக மூச்சு விடுகையில் இந்தச் சுற்றின் உள்ளிழுக்கும் மற்றும் வெளியிடும் நிலைகள் ஒரே நேரத்தை எடுக்கும். அதாவது கற்று 4 செகண்டுகள் மூச்சை உள்ளிழுக்கவும் 2 செகண்டுகள் மூச்சை வெளிடவும் செலவிடப்படும். பேசுகையில் நாம் மூச்சு வெளிவரும் நிலையைச் (expiration phase) சக்தி வினியோகத்திற்குப் பயன்படுத்துகின்றோம். நாம் அந்தச் செயல்பாட்டின் அலைவடிவை மாற்றுகின்றோம்; அதனால் மூச்சை உள்ளிழுத்தல் மிகக் குறைந்த நேரத்தை எடுக்கும்; வெளியிடல் கூடுதல் நேரத்தை எடுக்கும் (அதாவது 10-15 செகண்ட்).

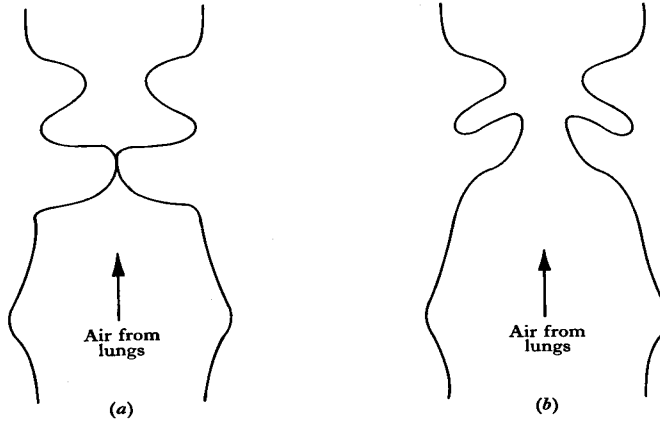
நுரையீரல்களிலிருந்து வெளிவரும் காற்று பேச்சொலிகளை உற்பத்தி செய்யப் பயன்படும் விசையைக் (force) கொண்டிருக்கும்; ஒலியை உருவாக்குவதற்காக ஒரு திசையை நோக்கி சீராக ஒழுகும். சக்தி முன்னும் பின்னும் செல்லும் இயக்கங்கள் அல்லது அசைவுகளாக மாற்றப்படவேண்டும். முதலாவது சில திட அமைப்புகளால் பின்னர் காற்றுத் துகள்களால்

பேச்சுக்குத் தொண்டை இந்தச் செயல்பாட்டைச் செய்கின்றது. குரல்வளை மடல்கள் அதிர்வுறுகின்ற பகுதியாகச் செயல்படுகின்றது.

2.6.2 ஒலி மூலமாகத் தொண்டை (larynx as sound source)

தொண்டைத் தசைகளால் குரல்வளை மடல்கள் ஒன்றையொன்று அடுக்கும்படி செய்யலாம். இதனால் இது நுரையீரலிருந்து முச்சுக்குழல் (trachea) வழியாக மேற்தொண்டைக்கும் வாய்க்கும் செல்லும் காற்றுப் பாதைக்கு அடைப்பு போல் இருக்கின்றது. அதன் விளைவு கீழே எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம்27: குரல்வளை மடல் இயக்கதின் வரைபடம் (Fry 1979: 63)



நுரையிலிருந்து முச்சுக்குழலுக்குக் காற்றின் சீரான ஒழுக்கு இருக்கிறது. குரல்வளை மடல்களின் ஓரங்கள் சேர்த்து வைக்கப்பட்டால் அடைப்பின் கீழ் அழுத்தம் அதிகரிக்கும். அழுத்தம் குறிப்பிட்ட ஒரு நிலையை அடைந்தும் அது தடையால் விளையும் எதிர்ப்பைச் சமாளிக்கும் அளவுக்கு வந்துவிடுகின்றது. எனவே குரல்வளை ஓரளவுக்குப் படத்தில் உள்ளது போல் திறக்கும். குருத்தெலும்புக்கும் தசைகளுக்கும் சுருங்கி விரியும் தன்மை இருப்பதால் அவை மாற்றப்பட்ட நிலையிலிருந்து உடனடியாகத் தொடக்க நிலைக்குத் திரும்பும். எனவே காற்றின் ஒழுங்கு மீண்டும் தடைபடும். அழுத்தம் மீண்டும் கூடும். இவ்வாறு திறப்பதும் அடைப்பதுமான கற்று தொண்டையில் கட்டுப்பாடு (condition) இருப்பது வரை திரும்பவும் நிகழும். குரல்வளை மடல்கள் மீண்டும் அடைப்பு நிலைக்குத் திரும்புவது முழுவதும் அவற்றின் சுருங்கி விரியும் தன்மையால் அல்ல. இது பெர்நொலி விளைவு (Bernoulli effect) என்ற சம்பவத்தால் உதவப்படுகின்றது. இதன்படி குரல்வளை மடல் திறக்கும் போது உண்டாகும் காற்றொழுக்கின் வேகமான அதிகரிப்பு

அழுத்தத்தின் குறைவை விளைவிக்கும். இதனால் ஏற்படும் உறிஞ்சு விளைவு (suction effect) குரல்வளை மடலை மூடும் நிலைக்குத் திருப்பும்.

காற்று நுரையீரலிருந்து தொடர்ந்து வெளியேற்றப்படுவதால் குரல்வளை மடல்களின் திறப்பும் அமைப்பும் தொண்டைக்கு மேல் உள்ள இடத்தில் காற்றின் அடுத்தடுத்த திரள்களின் வெளியேற்றலை விளைவிக்கும். இந்த வெளியேற்றங்களின் ஒழுக்கு தொண்டையால் உருவாக்கப்படும் ஒலிகளுக்கு அடிப்படையாய் அமையும். திறத்தல் மற்றும் அடைத்தல் இவற்றின் ஒரு கற்றுக்கு எடுக்கும் காலம் குரல்வளை மடலுக்குக் கீழ் இருக்கும் அழுத்தத்திற்கு இடையே உள்ள சமநிலையைப் பொறுத்து அமையும்; அதாவது துணைக் குரல்வளை அழுத்தத்தைப் (subglottal pressure) பொறுத்து அமையும்.

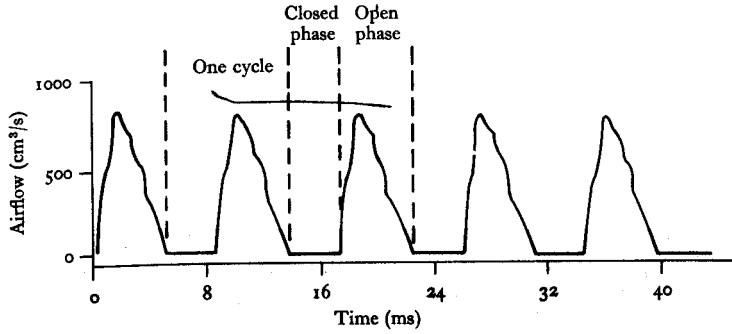
தொண்டை நிகழ்வெண்ணின் வேறுபாடு: அதிர்வின் நிகழ்வு எண்ணை ஒழுங்கு செய்யும் பௌதிக காரணிகள் அதிர்வு அமைப்புகளின் திண்மை (mass), நீளம் (length) மற்றும் இழுவிசை (tension) என்பனவாகும். இவையெல்லாம் தொண்டையின் உட்படையான மற்றும் வெளிப்படையான தசைகளால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. திண்மையைக் கூட்டுவதும் நீளத்தைக் கூட்டுவதும் அதிர்வின் நிகழ்வெண்ணை அதிகரிக்கும் என்பதை இசைக் கருவியிலிருந்து நாம் அறியலாம்.

தொண்டை இயக்க நுட்பத்தில் அதிர்வுறும் பாகங்கள் எண்ணிறந்த (எல்லையில்லாத) வடிவத்தை எடுக்கும். இதன் காரணமாகத் திண்மை, நீளம் மற்றும் இழுவிசை இவற்றிற்கு இடையிலான ஊடாட்டம் கலவைத் தன்மை உடையதாகும். குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வின் மூடிய நிலையில் மடல்கள் அவற்றின் செங்குத்து உயரத்தின் பெரும்பாலான பகுதியில் சேர்ந்து இருப்பதைக் காட்டும். அதிர்வின் பிற பாங்குகளில் குரல்வளை மடல்கள் ஓரங்களில் மெலிதாக இருக்கும். இதனால் அதிரும் பகுதி மெலிதாகவும் லேசாகவும் இருக்கும். திண்ணத்தின் குறைவு அதிர்வின் நிகழ்வெண்ணின் அதிகரிப்புக்கு வழிவகுக்கும். குரல்வளை மடல்களின் சாதகமான நீளத்தை அதாவது அதிர்வு இயக்கத்தில் ஈடுபடுத்தப்படும் நீளத்தை குரல்வளை மடலின் உடலாக அமையும் தைரோ அரிநெனாய்ட் தசைகளின் (thyro-arytenoid muscles) செயல்பாட்டாலும் தைராய்ட் மற்றும் கிரிகாய்ட் கார்ட்டிலேஜஸ் (thyroid and cricoid cartilages) இவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணத்தை மாற்றும் கிரிகோ தைராய்ட் தசைகளின் (crico- thyroid muscles) செயல்பாட்டாலும் (எனவே இரண்டு குரல்வளையை நீட்சியடையவும் இழுக்கவும் செய்யும்) ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லை அளவில் மாற்றலாம். இந்த இறுதிச் செயல்பாட்டிலிருந்து திண்மை, நீளம்

மற்றும் இழுவிசை என்பனவற்றின் ஊடாட்டம் குரல்வளை மடலின் அதிர்வுவெண்ணை குறைகின்றது நிர்ணயிக்கிறது என்பதை உணரலாம். ஒருவிதத்தில் இது குரல் வளைமடலை நீளச்செய்கிறது. இதனால் அதிர்வு எண் குறைகின்றது. மற்றொரு விதத்தில் இது குரல்வளை மடலை இழுக்கின்றது. இந்த இரு செயலும் குரல்வளை மடலை மெலிதாக்குகின்றது. இரண்டும் அதிர்வு எண்ணின் அதிகரிப்பை விளைவிக்கிறது. குரல்வளை மடலின் எந்த நிலையிலும் திண்மை, நீளம் மற்றும் இழுவிசை என்பன தசையின் செயலால் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன. அதிர்வின் அடிப்படையான பாங்கு இந்த மூன்று காரணிகளின் விளைவாகும்.

அடிப்படை பாங்கு (fundamental mode) தவிர குரல்வளை மடல்களுக்கு அதிர்வின் பல பாங்குகள் உண்டு. மெதுவான இயக்கப்படங்கள் (slow motion pictures) குறுக்கு அலைகள் (transverse waves) குரல்வளை மடல்களின் மேல் புறத்தில் பயணிப்பதைக் காட்டுகின்றது. குரல்வளை மடல்களின் தொடுகை கூடுதல் என்றால் மடல்களின் திறப்பு அடிப்பகுதியில் தொடங்கி மேல் நோக்கிப் பயணிக்கின்றது. இதனால் கீழ் மற்றும் மேல் புறங்களின் திறப்பிற்கு இடையிலான நிலையில் வேறுபாட்டுடன் செங்குத்தான அலை இயக்கம் இருக்கின்றது. தொண்டை இயக்க நுட்பத்தால் உருவக்கப்பட்ட அலை மிகவும் கலவைத் தன்மையானதாகும். இந்த அலையின் வடிவு பல வேறுபட்ட நுட்பங்களின் (techniques) பயன்பாட்டால் பெறப்படும்; முக்கியமாக இரண்டு மடல்களின் ஓரங்களுக்கு இடையே உள்ள இடத்தின் அதிர்வுகளைப் பதிவு செய்யும் படிக்கு மடல்களின் மேற்புறங்களின் மிக விரைவான திரைப்பட வரைபடத்தால் (high-speed cinematography) மற்றும் அதே இடத்தில் காற்றொழுக்கின் வேறுபாடுகளின் (variations) அளவால். இந்த இரு வழி முறைகளும் போதுமான அளவு பொதுவான வடிவில் இருக்கின்ற ஒரு அலையைத் தருகின்றது. இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம்28: தொண்டையில் காற்றொழுக்கின் அலைவடிவு (Fry 1979: 65)



படுக்கை அச்சில் காலம் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ளது. செங்குத்து அச்சு காற்று ஒழுக்கை ஒரு செகண்டிற்கு கனசென்டி மீட்டரில் தருகின்றது. குரல்வளை மடல்கள் மூடிய நிலையில் இருக்கும்போது மேல்புறத்தில் காற்று ஒழுகாது. இதற்கு இணையான அலையின் பகுதி பூஜிய காற்று ஒழுக்கின் நிலையில் படுக்கையான வரையாகும். குரல்வளை மடல்கள் திறந்து இருக்கும்போது காற்றொழுக்கின் விரைவு அதிகரிக்கும். பூஜியத்திலிருந்து 700 கனசெமீ அதிகரிப்பு 2 மிசெ-க்கு கூடுதல் எடுக்கும். மடல் மீண்டும் மூடத் தொடங்கும் போது காற்றொழுக்கு மெதுவான விகிதத்தில் குறையும். பூஜியத்திற்கு மீண்டும் வர 3 மிசெ எடுக்கும். சுற்றைத் தொடங்குவதற்கு முன் பூஜியத்தில் 3 மிசெ நிற்கும். அடிப்படை நிகழ்வு எண் ஒரு முழு சுற்றிற்கு எடுக்கும் காலத்தால் தரப்படுகின்றது. படம் 28-இல் கட்டியுள்ள அலை ஒரு முழு சுற்றுக்கு 8.3 மிசெ எடுக்கும்; எனவே அடிப்படை நிகழ்வுஎண் 120 hz ஆகும்.

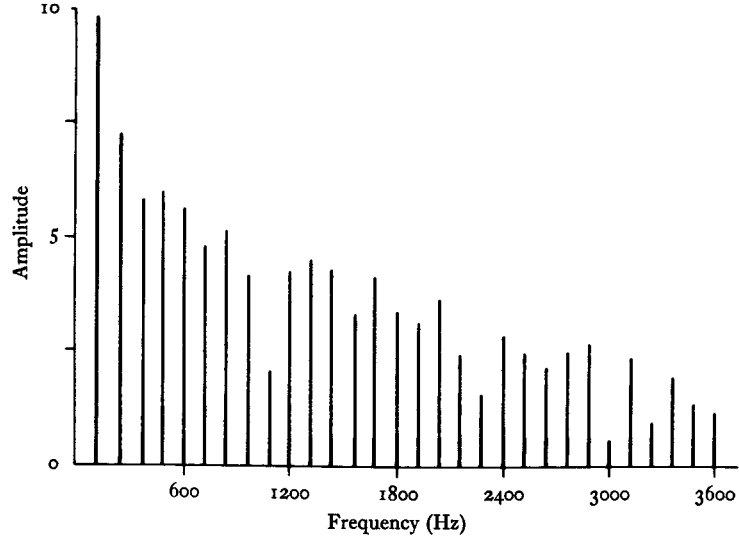
தொண்டை சுரத்தின் இசைமை (pitch) குரல்வளை மடல்களின் திறப்பினால் வெளிவிடப்பட்ட துடிப்பின் (pulse) நிகழ்வு எண்ணால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது. நிகழ்வெண்ணின் மாற்றம் ஒரு சுற்றுக்கு ஆகும் காலத்தில் எற்படும் மாற்றமாகும்; அதாவது மூடப்பட்ட நிலையும் திறந்த நிலையும் சேர்ந்த சுற்றின் கால மாற்றமாகும். அடிப்படை அதிர்வு எண் 100 hz என்றால் குரல்வளை அலையின் முழு சுற்று 10 மிசெ எடுக்கும். அது 150 Hz ஆக உயர்ந்தால் ஒரு சுற்றிற்கான காலம் 6.7 மிசெ ஆகும். 200 Hz-இல் ஒரு சுற்றிற்கான காலம் 5 மிசெ ஆகும்.

குரல்வளை அலை கால நீட்சி மாறாத (periodic) அலையாகும். அதாவது இதில் இயக்கத்தின் மீண்டும் நிகழும் சுற்றுகள் இருக்கும். எனவே இது அடிப்படை நிகழ்வு எண்ணாலும்

ஒலியைபின் வேறுபட்ட பரப்பெல்லையாலும் (range of harmonics) உருவாக்கப்பட்டிருக்கும். இதன் விளைவாக எல்லா சைன் அலைகளையும் சேர்த்துப் படம் 28-இல் காட்டியபடி ஒரு அலைவடிவை அமைப்பது சாத்தியம் ஆகும். இந்த அலையின் பொதுவான வடிவு முக்கோண வடிவாகும். முதல் பார்வையில் சைன் அலைகளை இணைத்து இந்த வடிவில் கொண்டுவர இயலாது என்று தோன்றும். இருப்பினும் அலையின் திசையில் ஏற்படும் காரணி மாற்றங்கள் நிகழ்வுகள் மிக குறுகிய காலத்தில் நடப்பதைத்தான் குறிப்பிடும். அதிர்வெண் கலவையில் மிகக் கூடுதல் அதிர்வு எண் உள்ள சைன் அலையை அதாவது குறைவான அலை நீளம் உள்ள சைன் அலையைத் தந்தால் திடீரென்ற திரிபுகள் கலவை அலையை உருவாக்கும். படம் 28இல் முக்கோணம் போன்ற அலைகளை அடிப்படை நிகழ்வெண்ணுடன் ஒலியை நிகழ்வெண்களின் நீட்சிசெய்யப்பட்ட பரப்பெல்லையை சேர்ப்பதால் உருவாக்க இயலும்; இந்த ஒலியை கூறுகள் ஒத்தறி வீச்சின் ஒரு குறிப்பிட்ட பொது அமைப்பொழுங்கை பின்பற்றுவதுவரை இது சாத்தியமாகும். படம் 29 இன் ஒலியக்கவர்ணனைப் படம் இம்மாதிரியான ஒரு அலகிக்கு வீச்சு ஒழுங்கமைப்பு என்ன என்ற நல்ல கருத்தைத் தருகின்றது. ஒலியைபுகள் 3600 Hz நிகழ்வெண்வரை அதாவது 120 Hz இன் 30ஆவது இசையியைபு வரை காட்டப்படுகின்றது; மற்றும் ஆய்வு இந்த இடத்தில் நிறுத்தப்படுகின்றது; இதைவிட உயர்ந்த நிகழ்வெண்களில் சக்தி இல்லை என்று இதற்கு அர்த்தமல்ல. அடிப்படை நிகழ்வெண்ணில் மிகக்கூடுதல் வீச்சு இருக்கின்றது; நிகழ்வெண் அதிகரிக்கும் போது தொடர்ச்சியாக ஒலியியைபுகளின் வீச்சு கீழிறங்குவதுடன் ஒவ்வொரு அடுத்துவரும் ஒலியைபையும் உருப்பத்தம் செய்யப்படுகின்றது. இந்த பொதுவான போக்கு ஓரளவுக்கு ஒழுங்கானதாகும்; ஆனால் ஒலியியக்கவர்ணனையில் பல தாழ்நிலைகள் (dips) உள்ளன; இது அதிர்வின் சில குறிப்பிட்ட பாங்குகள் அடுத்துவருபவைக் காட்டிலும் குறைந்த வீச்சைக் கொண்டிருக்கின்றன என்று காட்டும்.

ஒலியக்கவர்ணனையின் வடிவம் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணின் மாற்றத்தால் பெருமளவில் மாற்றப்படவில்லை; ஆனால் ஒலியக்கவர்ணனை வரைகளுக்கு இடையில் உள்ள இடைவெளி இசைக்கருவிகளில் நாம் கண்டதுபோல் பாதிக்கப்படும். குழந்தைகள் அல்லது பெண்களின் குரலில் நிகழ்வதுபோன்ற உயர்ந்த இசைமையால் வரைகள் கூடுதல் அகன்றிருக்கும்; மற்றும் ஆழமான ஆடவரின் குரலில் படத்தில் காட்டியுள்ளதைவிட கூடுதல் அண்மைப்பட்டிருக்கும்.

படம் 29: தொண்டை சுரத்தின் ஒலிநிறமாலைப்படம்(Fry 1979: 66)



அடிப்படை நிகழ்வெண்ணைத் தவிர தொண்டை அலையின் பிற பண்புக்கூறுகளும் மாறும். முதலாவது முழுவதுமான அல்லது அதிக அளவிலான அலையின் வீச்சு ஆகும். நாம் எதிர்பார்ப்பது போன்று வீச்சின் அதிகரிப்பு உரத்த ஓசையுள்ள பேச்சை உருவாக்கும் மற்றும் வீச்சின் குறைவு மென்மையான பேச்சை உருவாக்கும். மாற்றம் சுவாசிக்கும் தசைகளின் செயல் மூலம் துணைத் தொண்டை அழுத்தத்தின் பொது நிலையை அதிகரிப்பதால் பெரும்பாலும் உருவாக்கப்படும். இரண்டாவது பண்புக்கூறு சுற்றில் திறந்த கட்டம் மூடிய கட்டத்துடன் கொண்டுள்ள விகிதம் ஆகும். 28ஆம் படத்தில் காட்டியுள்ள அலையில் திறந்த கட்டத்தால் ஆக்கிரமிக்கப்பட்ட காலம் மொத்தச் சுற்றின் காலத்தின் 0.6 ஆகும். இந்தக் காரணியின் மதிப்பு கட்டுப்பாடு மற்றும் தனிநபர் அடிப்படையில் மாறும். உயர்ந்த அடிப்படை நிகழ்வெண்களில் திறந்த கட்டம் சுற்றின் அதிக விகிதத்தை எடுக்கும்; சுற்றின் கால அளவு குறைவதால் இது எதிர்பார்க்கக்கூடியதாகும். மூச்சிரைக்கும் வழியில் பேசும் தனிப்பட்ட பேசுபவர்களில் மூடிய கட்டம் மிகக் குறைவாக இருக்கலாம் அல்லது சுற்றின் காலகட்டத்தில் முழு மூடுகை இல்லாதிருக்கலாம்; குரல்நாண்களுக்கு இடையிலுள்ள இடைவெளியின் குறைப்பு குரலின் ஓசையை உருவாக்கப் போதுமானதாகும்; இருப்பினும் இந்நேர்வில் இந்த இயக்கநுட்பம் திறமையாகச் செயல்படவில்லை. ஒலியெழுப்பதலின் அதிகத் திறமையான வழிமுறை தரப்பட்ட துணைத் தொண்டை அழுத்தத்திற்கு மிக அதிகமான வீச்சை உருவாக்குவதாகும்; மேலும் மூடிய

=====
Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankaraveleyuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

கட்டத்துடன் ஒப்பிடுகையில் திறந்த கட்டத்தின் காலத்தை குறைப்பதால் இது நிறைவேற்றப்படுகின்றது. இது அலையின் ஒட்டுமொத்த வீச்சை அதிகரிப்பது மட்டுமன்றி ஒலியக்கவர்ணனையில் உயர்ந்த ஒலியையின் ஒத்தறி வீச்சையும் அதிகரிக்கின்றது. முன்பு முக்கோண அலையை உருவாக்க உயர்ந்த அதிவெண்களின் பங்களிப்பைப் பற்றிக் கூறியது இங்கு பொருந்தத்தக்கது ஆகும். குறைந்த திறந்த கட்டம் என்பதற்கு முக்கோணத்திற்கு குறைந்த அடித்தளம், உச்சியில் அதிக அளவில் குறுங்கோணம் என்பன உண்டு என்றும் பக்கங்கள் செங்குத்துக்கு அண்மைப்படும் என்றும் அர்த்தமாகும். இவை எல்லாவற்றின் அர்த்தம் அதிர்வு இயக்கத்தில் மற்றங்கள் குறைந்த காலத்தில் நடக்கும் என்றும் உயர்ந்த அதிர்வெண்களை உருவாக்கும் என்பதாகும்.

2.6.3. பேச்சில் தொண்டை அதிர்வின் செயல்பாடுகள் (functions of Larynx Vibration in Speech)

பேச்சின் முதன்மையான நோக்கம் மக்களுக்கு இடையிலான கருத்துப் பரிமாற்றம் என்பதால் பேச்சு ஒலிகளின் முதல் தேவை அவை கேட்கத் தகுந்ததாகச் செய்வதுதான். குரல்வளை அலை குறித்து கருத்திற் கொள்ளும் பண்பு அது பேச்சைத் தாங்கிச் செல்கின்றது என்பதாகும். அதாவது அது அதில்தானே கூடுதல் தகவல்களைக் கொண்டிருப்பதில்லை. ஆனால் அது தகவலைப் பரிமாற இயலும் ஊர்தி போல் செல்படுகின்றது. இந்தப் பார்வையின் அடிப்படையில் தொண்டை அதிர்வு முக்கியமானதாகும். ஏனென்றால் தொண்டை அதிர்வு சாதாரண சூழலில் கேட்பவருக்கு நமது பேச்சு கேட்கக்கூடியதாக இருக்கின்றது என்பதை உறுதி செய்யும் வழிகளைத் தருகின்றது.

2.6.3.1. அடிப்படை அதிர்வு எண்

பேச்சு மற்றும் மொழியைப் பொறுத்தவரையில் குரல்வளை மடல்களின் அடிப்படை அதிர்வு எண் தொண்டை செல்பாட்டின் முக்கியமான நோக்கில் ஒன்றாகும். பேச்சின் போது அதிர்வு எண் தொடர்ந்து வேறுபடும். இதன் காரணமாக எந்த குறிப்பிடத்தக்க நேரத்திலும் குரலின் இசைமை ஒன்றாக இருப்பதில்லை. பேச்சில் பயன்படுத்தப்படும் அடிப்படை அதிர்வு எண்களின் பரப்பெல்லை தனிப்பட்ட பேசுபவரைப் பொறுத்து வேறுபடும். ஆண்கள் மிகச் குறைந்த அதிர்வெண்களின் பரப்பெலையைப் பயன்படுத்துகின்றனர். குழந்தைகள் கூடுதலான அதிர்வெண்களின் பரப்பெலையைப் பயன்படுத்துகின்றனர். பெண்கள் நடுத்தர

பரப்பெல்லையைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இந்த வேறுபாடுகள் இம்மூன்று வகுப்பில் படும் பேசுபவர்களின் சராசரி அடிப்படை அதிர்வு எண்களில் பிரதிபலிக்கின்றது. ஆண்களுக்கு அதிர்வு எண் 120 Hz, பெண்களுக்கு 225 Hz, குழந்தைகளுக்கு கிட்டத்தட்ட 265 Hz. பேச்சில் நேரிடும் அடிப்படை அதிர்வு எண்களின் மொத்தப் பரப்பெல்லை (range) கிட்டத்தட்ட 60 Hz-இலிருந்து 500 Hz வரை நீளுகின்றது. ஒரு தனிப்பட்ட பேசுபவரில் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் அதிவேண்ணின் பரப்பெல்லை ஒரு ஆக்டோவிற்கு (one octave) கூடுதல் இல்லை. இது பேசுபவரின் மொத்தக் குரல் பரப்பெல்லையின் கீழ்ப்பகுதியில் இருக்கின்றது.

அடிப்படை அதிர்வேண்ணைப் பொறுத்தவரையில் குரல்வளை மடலின் அதிர்வின் ஒரு பாங்கு தனிப்பட்ட ஒன்றாகக் கருதப்படவேண்டும். அது பிரிட்டிஷ் ஆய்வாளர்களால் கிரீச்சொலி (creaky voice) என்றும் அமெரிக்க ஆய்வாளர்களால் 'vocal fry' என்றும் அழைக்கப்படும்.

அடிப்படை அதிர்வேண்ணின் வேறுபாட்டின் மிக முக்கியமான செயல்பாடு இசையோட்டத்தை எடுத்துச் செல்வதாகும் (carrier of intonation). ஒவ்வொரு மொழி ஒழுங்கு முறையின் (system) பகுதியாக இருக்கும் இலக்கண இசையோட்டமும் (grammatical intonation) தனிப்பட்ட பேசுபவரால் புகுத்தப்படும் உணர்ச்சி வேறுபாடுகளும் மிக கூடுதலாக இந்த வழியில் தான் பரிமாறப்படுகின்றது.

சுற்றுக்கள் வழி நமது மூளை பேசுச் செயல்பாட்டைக் கட்டுப்படுத்துவது நாம் வெளிப்படுத்த எண்ணும் இசையோட்ட அமைப்பொழுங்கிற்குப் பொருத்தமான தொண்டை அதிர்வேண்களில் வேறுபாடுகளை உருவாக்கும் படி குரல்வளை மடல்களின் திரள், நீளம், இழுவிசை இவற்றைத் தொடர்ச்சியாக சரிசெய்துகொள்ள இயலச்செய்கின்றது.

2.6.3.2 குரல் மாற்றம் (voice switching)

தொண்டைச் செயல்பாட்டின் இரண்டாவது மொழிச் செயல்பாடு (linguistic function) ஒலியனியல் வேறுபாடுகளுடனும் (differences) முரண்களுடனும் (contrasts) தொடர்புடையது. பேச்சோட்டத்தில் (running speech) குரல்வளை மடல்கள் காலத்தின் ஏறக்குறைய 70 சதவீதம் அதிர்கின்றது. ஆனால் குரல் மற்றும் குரலிலா மெய்யொலிகளின் (voiced and voiceless consonants) நிகழ்வு காரணமாக கூறுகையின் போது அதிரும் செயல்பாடு பல தடவைத் தொடங்கப்படவும் நிறுத்தப்படவும் செய்ய வேண்டும். எந்த சரியான நேரத்தில் மாற வேண்டும்

என்பது பேசுபவரால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்வாறு பேசுபவர் (p,b), (t,d), (k,g), (s,z) என்ற குரல் மற்றும் குரலிலா இணைகளுக்கான வேறுபாட்டைச் செய்கின்றார்.

2.6.3.3 குரல்பண்பு (voice quality):

தொண்டை அலை குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வுகளால் உருவாக்கப்படும் ஒரு வகை துடிப்பு அலை (pulse wave) ஆகும். அதற்கு ஒலியியைபுகளின் (harmonics) குறிப்பிட்ட ஒலிவரணணை (particular spectrum) இருப்பதால் அது குறிப்பிட்ட ஒலிப்பண்பைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். நம்மால் பேசுபவரின் தொண்டையால் எழுப்பக்கூடிய ஒலியை உண்மையிலேயே கேட்க இயலாது. ஏனென்றால் அது அவருடைய பேச்சுக்குழலைக் (vocal tract) கடந்து வருகிறது வரை நமக்கு கிடைக்காது. இந்த அனுப்புக்கையால் (transmission) அது முற்றிலும் மாற்றம் பெறுகின்றது. இருப்பினும் தொண்டை அலைவடிவின் மாற்றம் குரல்பண்பில் மாற்றத்தை உட்படுத்தும். தனிப்பட்ட பேசுபவர்கள் தொண்டை இயக்க நுட்பம் (larynx mechanism) மற்றும் பேச்சுக் குழல் (vocal tract) இவற்றின் உருவாக்கத்திலும் பயன்பாட்டிலும் ஒருவொருக்கொருவர் வேறுபடுவர். குரல்வளை மடல் அதிர்வின் வேறுபாடுகள் கேட்பவர்கள் தனிநபர்களின் குரலை அடையாளம் கண்டுகொள்ள முக்கியமான பங்களிப்பு செய்கின்றது என்பது நிறுவப்பட்டுள்ளது.

ஒரு தனிப்பட்ட நபரின் பேச்சிற்குள் அடிப்படை அதிர்வெண்ணிலும் வீச்சிலும் வேறுபாட்டுடன் கூடிய தொண்டையின் மாற்றங்கள் இருக்கும். குறிப்பாக சுற்றின் திறந்த மற்றும் மூடிய நிலைகளுக்கு இடையே உள்ள விகிதத்தில் மாற்றங்கள் இருக்கும். அலையின் ஒலியியைபு உள்ளடக்கமும் (harmonic content of the wave) ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணை உருவாக்க நிறுவப்பட்ட திண்மை, நீளம், இழுவிசை இவற்றின் தனிப்பட்ட சமநிலையைப் பொறுத்து வேறுபடும்.

2.7. பேச்சுக் குழல் (vocal tract)

ஒலியியக்க அடிப்படையில் முழு பேச்சு பொறி நுட்பத்தையும் ஒலியியைபு ஒழுங்குமுறையுடன் இணைசேர்ந்த ஒலி மூலமாக காணலாம். இந்த ஒழுங்குமுறை ஒரு காற்று வழியாகும். இது தொண்டையிலிருந்து முன்தொண்டை மற்றும் வாய்வழியாக வெளிக்காற்றிற்குச் செல்கிறது. இதன் கிளை மேல் அண்ணம் கீழிறங்குவதால் மூக்கு-முன்தொண்டை மற்றும்

மூக்குத்துவாரங்கள் வழி வெளிக்காற்றிற்குச் செல்கிறது. இந்த ஒழுங்குமுறை தான் தொண்டையில் உருவாக்கப்படும் துடிப்பு அலையால் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளாக இயக்கப்படுகின்றது. உதடுகளிலும் மூக்குத்துளைகளிலும் வெளியேறும் ஒலி அலைகள் இந்த ஒலியியைபு ஒழுங்குமுறையால் தொண்டை அலையின் மீது புகுத்தப்பட்ட மாற்றத்தின் விளைவாகும்.

உந்தப்பட்ட அதிர்வுகள் (forced vibrations) ஒழுங்குமுறையின் பிரதிபலிப்புகள் (reflections) மற்றும் நிலைநிற்கும் அலைகள் (standing waves) இவற்றின் விளைவாகும் மற்றும் இவை திரும்பவும் இயல்பான அதிர்வுஎண்கள் (natural frequencies) மற்றும் ஒழுங்குமுறையின் தணிவிப்பு (damping of the system) இவற்றைச் சார்ந்து அமைகின்றது.

2.7.1 பேச்சுக்குழலின் ஒலி இயக்கப் பண்புகள் (Acoustic properties of the vocal tract)

இசைக் காற்றுக் கருவிகளின் எடுத்துக்காட்டு ஒலியியைபு நிகழ்கின்ற நிகழ்வெண்களைத் தீர்மானிக்கப் பங்கெடுக்கின்ற காற்றுப்பத்தியின் பரிமாணங்கள் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது என்று காட்டுச்ச்கின்றது. ஏனென்றால் ஒலிகளின் அலை நீளத்திற்கும் இந்த பரிமாணங்களுக்கும் இடையே உள்ள உறவு ஒலியூக்கம் (resonance) நடப்புகளுக்கு (phenomenon) முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததுவதாகும். இந்தக் கொள்கைப் பேச்சுக்குழலுக்கும் பொருந்துவதாகும். ஆனால் இரண்டு பேச்சுக்குழல்கள் ஒரே அளவில் ஒரே வடிவில் இருப்பதில்லை. மேலும் ஒலிபிறப்பு இயக்கங்களால் பேச்சுக்குழலில் வேறுபாடு கொண்டு வரப்படுகின்றது என்ற உண்மையால் பேச்சுலுள்ள சூழ்நிலைச் சிக்கலாக்கப்பட்டுள்ளது. பேச்சினால் ஆன கருத்துப்பரிமாற்றம் நாம் முதலாவது விளைவை அலட்சியம் செய்யவும் இரண்டாவது விளைவை நெருக்கமாக கவனம் செலுத்தவும் படித்துவிட்டோம் என்ற உண்மையைச் சார்ந்திருக்கின்றது.

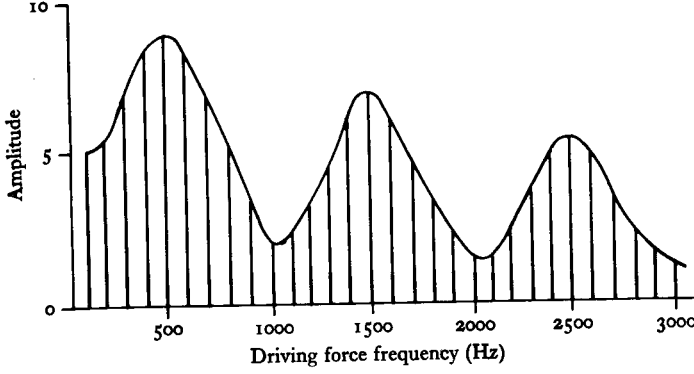
பேச்சுக் குழலின் செயல்பாட்டின் சிக்கலை அணுகுவதற்கு நாம் கட்டுப்பாடுகளின் கூடுதல் எளிமையாக்கத்துடன் தொடர்வோம். ஆண் பேச்சுக்குழலின் குரல்வளை மடல்களிலிருந்து உதடுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம் 17 செ.மீ என்ற அளவில் இருக்கின்றது. நாம் மேல்தொண்டையிலிருந்து நாவின் பின்புறம், வல்லண்ணம், பற்களுக்கு இடையில் எனக் கடந்து செல்லும்போது பேச்சுக்குழலின் குறுக்கு வெட்டுமுகத்தின் பாப்பளவு மிக அதிக அளவில் மாறுபடும்; ஆனால் பிரதிநித்துவமான பரப்பளவை 5செமீ² என்று எடுக்கலாம். உருளை

வடிவிலான இந்தக் குழாய் ஒரு முனையில் குரல்வளை நாண்களைக்கொண்டுள்ளது; இதை மூடப்பட்ட முனை என்று கருத இயலும்; இது மறுமுனையில் உதடுகளைக் கொண்டு திறந்திருக்கும் முனையாகும். இம்மதிரியான குழாய்க்கு முதல் ஒலியியைபு கால் அலை நீட்சிக்குச் சமமாக இருக்கும் அதிர்வெண்ணாகும்; அதாவது 68 செமிஅலைநீளமுள்ள ஓசை ஆகும். காற்றில் ஒலியின் வேகம்/விரைவு (velocity of sound or air) 340 மீ/செ (செகண்டிற்கு 340 மீட்டர்) ஆகும். அதாவது நாம் காற்றைக் குழலுக்குள் குறைந்த அதிர்வு எண்களில் தூண்ட முயன்றால் குழல் அதில் தரப்பட்ட சக்தியின் பெரும்பாலான பகுதியை தூண்டும் விசை 500Hz ஆகும். அதாவது நாம் காற்றை குழலுக்குள் குறைந்த அதிர்வு எண்ணில் தொடங்கி வேறுபட்ட அதிர்வு எண்களில் தூண்ட முயன்றால் குழல் அதில் தரப்பட்ட சக்தியின் பெரும்பாலான பகுதியை தூண்டும் விசை 500 Hz இடத்திற்கு வருகிறது வரை உறிஞ்சிவிடும். இங்கு உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சில் உச்சம் (peak) கிடைக்கும். இந்த உச்சத்தின் கூர்மை ஒழுங்கு முறையின் தேய்ந்து மாயும் தன்மையைப் பொறுத்து அமையும்.

500Hz இல் ஒலியூக்கம் ஒன்றாக மட்டும் இருப்பதில்லை; உந்து விசையின் பரப்பெல்லையை நீட்சி செய்தால் ஒரு முனையில் திறந்தும் மறுமுனையில் மூடியும் இருக்கிற குழலுக்கு நான்கில் மூன்று அலை நீளம் 17 செமீ ஆக இருக்கிற நிகழ்வெண்ணில் இரண்டாவது ஒலியூக்கத்தையும் அலைநீளம் ஒன்றேகால் மடங்கு 17 செமீ ஆக இருக்கிற நிகழ்வெண்ணில் மூன்றாவது ஒலியூக்கத்தையும் நாம் கண்டுபிடிப்போம். நிகழ்வெண் அலைநீளத்திற்குத் தலைகீழ் விகிதத்தில் இருப்பதால் நாம் முதலாவது 500 Hz 3ஆலும் பின்னர் 5 ஆலும் பெருக்கினால் 1500 Hz, 2500 Hz என்ற நிகழ்வெண்களைப் பெறலாம். உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு நிகழ்வெண் அதிகரிக்கும்போது குறையும்; மற்றும் நாம் இதற்கும் மேல் கூறத்தக்க ஒலியூக்கத்தைக் கண்டுபிடிக்கத் தேவையில்லை. எனவே குழலின் நீளவாக்கில் பிரதிபலிப்பின் காரணமாக கிடைக்கும் முதன்மையான ஒலியூக்கங்கள் 500Hz, 1500 Hz, 2500 Hz இவற்றில் கிடைக்கும். 2.5 செமீ ஆக இருக்கும் குழலின் விட்டம் இந்த தூரத்துடன் ஒப்பிடத்தக்கதாக இருந்த அலைநீளத்தைக் கொண்ட நிகழ்வெண்களின் பிரதிபலிப்பை மட்டும் உருவாக்க இயலும். இவை மிக உயர்ந்த நிகழ்வெண்களாக இருப்பதால் இந்தப் பரிமாணம் குழலின் ஒலியூக்கப் பண்புகளைப் பாதிப்பதை நாம் எதிர்பார்க்கக் கூடாது.

அதிரும் காற்றுப் பத்திகளைப் பற்றிய முந்தைய கருத்தாடலில் நாம் தேய்ந்து மாய்தல்/தணிவு/சோர்வு (damping) குறித்து கவனம் செலுத்தவில்லை. இந்தக் காரணி ஒலிச் சக்தியின் உறிஞ்சுவதுடன் தொடர்பானது; உருஞ்சுவது பிரதிபலிப்புக்கு எதிரானது. காற்று அதைக் கண்டுபிடிக்கும் இடங்களில் எல்லாம் (வெப்பநிலை மற்றும் ஈரப்பதம் இவற்றின் மாற்றத்தால் விளையும் சின்ன ஏற்ற இறக்கம் தவிர்ந்து) ஒரே தேய்ந்துமாய்தலைக்/தணிவைக் காட்டும்; ஆனால் காற்றை உள்ளடக்கும் குழலின் பருப்பொருள்/ஆக்கப்பொருள் மொத்த ஒழுங்கமைப்பின் தேய்ந்துமாய்தலின்/தணிவின் மீது அதிக பாதிப்பைக் கொண்டிருக்கும். குழலின் சுவர்கள் ஒலிச் சக்தியின் கூடுதலான அளவை உறிஞ்சினால் தேய்ந்துமாய்தல்/தணிவு உயர்வாக இருக்கும் மற்றும் அவை திறமையான பிரதிபலிப்பான்களாக (reflector) இருந்தால் தணிவு இல்லாதிருக்கும்/குறைவாக இருக்கும். எனவே நமது உருள்வடிவக் குழல் கண்ணாடியாலோ கெட்டியான இரும்பாலோ செய்யப்பட்டிருந்தால் தணிவு குறைவாக இருக்கும்; ஒழுங்கமைப்பு கூடுதல் தேர்ந்தெடுப்பதாகவோ தீவிரமாக ஒத்தியவிக்கப்பட்டதாகவோ இருக்கும்; மற்றும் ஒலியுக்க உச்சங்கள் கூர்மையாக இருக்கும். மனிதப் பேச்சுக்குழலின் பருப்பொருள் (material) தசைகளாலும் மேல் பரப்பு திசுக்களாலும் (surface tissues) அமைந்திருக்கும். இவை எல்லாம் ஒத்தறி அடிப்படையில் உறிஞ்சக் கூடியவை. இதன் காரணமாக ஒழுங்குமுறைக் கூடுதல் அளவு சோர்வைக் (damping) காட்டும். கூடுதல் சோர்வு ஒத்தறி அடிப்படையில் தட்டையான ஒலியுக்க வளைவை விளைவிக்கும். கூடுதல் சோர்வு இருப்பதால் பொதுவாகக் கூடுதல் சக்தி உறிஞ்சப்படும் மற்றும் மொத்தமான வீச்சு நிலைகள் குறைந்து விடும்; ஆனால் ஒலியுக்கத்தின் அடுத்தடுத்த புள்ளிகளுக்கு இடையே தலையிடும் அதிர்வு எண்களுக்கு உந்தப்பட்ட அதிர்வின் கூடுதல் வீச்சு இருக்கும். இதன் விளைவாகப் படம் 30இல் காட்டியபடி மூன்று ஒலியுக்க விளைவுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைய முயலும். ஒவ்வொரு உச்சமும் ஒரு ஒலியுக்கத்தைக் காட்டும்; ஆனால் கூட்டிணைந்த வளைவு (compositive curve) நிகழ்வெண் பதில் வளைவு (frequency response curve) அல்லது நிகழ்வெண் சிறப்பியல்புகள் (frequency characteristics) என்று குறிப்பிடப்படும். ஏனென்றால் இது எவ்வாறு இந்தக் குறிப்பிட்ட ஒழுங்குமுறை அது உந்தப்படும் நிகழ்வெண்களின் முழுப் பரப்பெல்லையும் கையாளும் என்று கூறுகின்றது. படத்தில் எடுத்துக்காட்டியுள்ளது போல் ஓசையின் ஒலிவர்ணனைக் கூறுகளின் வீச்சைத் தரும் வரைகளின் மிக உயர்ந்த புள்ளிகளைச் சேர்ப்பதால் வளைவு பெறப்படுகின்றது என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

படம் 30: பேச்சுக் குழலின் பதில் வளைவு (response curve of vocal tract) (Fry 1979: 73)

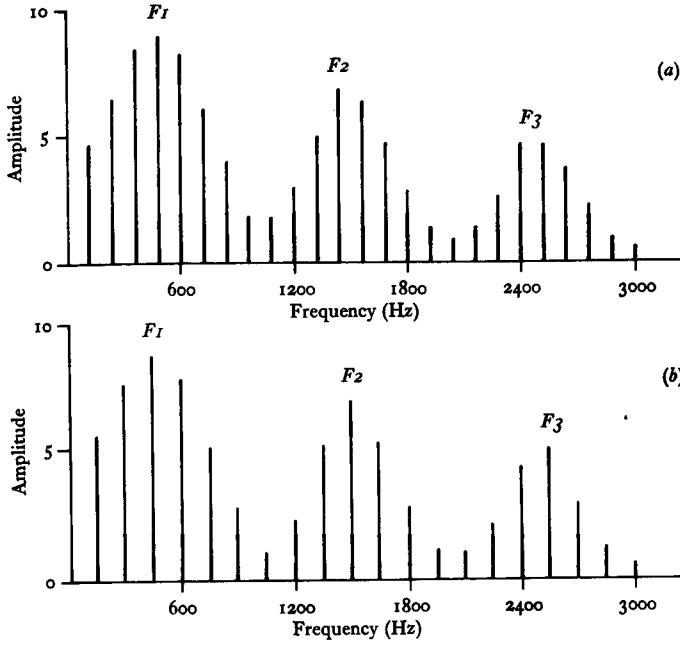


பல வேறுபட்ட நிகழ்வெண்களில் அடுத்தடுத்து மிகத்துல்லியமான ஒரே சக்தியால் ஒழுங்குமுறையை உந்தினால் வளைவுக்கு இணங்க உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சு வேறுபடும் என்பதை நிகழ்வெண் பதில் வளைவு நமக்குக் கூறுகின்றது. இந்தச் செய்தியைப் பெறுவதற்காக எந்த நிகழ்வெண்ணாய் இருந்தாலும் ஒரே அளவான சக்தியைக் கொண்டு ஒழுங்கு முறையை ஊக்குவிப்பதில் கவனமாக இருக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் நாம் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளின் வீச்சைச் சார்ந்து இருக்கலாகாது. ஏனென்றால் சில அதிர்வுகள் ஒழுங்குமுறையில் தரப்பட்ட சக்தியில் உள்ள மாற்றாங்களால் ஏற்பட்டதாகும். பதில் வளைவு (response curve) ஒழுங்குமுறையின் ஒலியியக்க நடத்தையைக் (acoustic behavior) குறிப்பிட்டுக் கூறுகிறது. இது எந்த தூண்டும் விசைக்கும் (driving force) மதிப்புள்ளதாக இருக்கும். நாம் எடுத்துக்கொண்ட எடுத்துக்காட்டில் மனித பேச்சுக் குழலை ஓரளவுக்கு ஒக்கும் சோர்வுடன் (damping) உள்ள உருளை வடிவக் குழலுக்கு 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz என்பனவற்றில் மூன்று முதன்மை ஒலியூக்கங்கள் இருக்கின்றன. நாம் எதைக் கொண்டு உந்தினாலும் இவை ஒழுங்குமுறையின் உந்தப்பட்ட அதிர்வுகளை அல்லது வெளியீட்டை (output) வடிவமைக்கும். தூண்டும் விசை படம் 29இல் காட்டப்பட்ட ஒலிவர்ணனைக் கொண்ட தொண்டை துடிப்பலை (larynx pulse) என்றால், அதிர்வு எண்களுக்கு வேறுபட்ட வீச்சு இருக்கும். மேலும் வெளியீடு குரல்களை அலையின் ஒலிவர்ணனை (spectrum) மேல் குழலின் அதிர்வு எண் பதிலை (frequency response) மேலார்வதின் (superimposing) விளைவாகும். அப்படியானால் வெளியீட்டுக்கு கிட்டத்தட்ட படம் 31(a) இல் காட்டப்பட்ட ஒலிவர்ணனை இருக்கும்.

இந்த எடுத்துக்காட்டில் தொண்டை அதிர்வின் அடிப்படை நிகழ்வெண் 120 Hz ஆகும்; மற்றும் கலவை சுரத்தில் எல்லா பிற நிகழ்வெண்களும் இதன் பெருக்குத்தொகைகளாகும்; குழலின் முதல் ஒலியூக்கியின் நிகழ்வெண்ணாக இருக்கும் 500 Hz இல் ஒரு கூறும் இருக்காது. இருப்பினும் 500 Hz இன் உண்மையான ஒலியூக்கிக்கு அதன் அண்மை காரணமாக ஒலிவர்ணனையின்/நிறமாலையின் கீழ்ப் பகுதியில் மிக அதிகமான வீச்சைக் காட்டும் 480 Hz இல் உள்ள ஒரு ஒலியைப் இருக்கும். 1500 Hz இன் இரண்டாம் ஒலியூக்கியின் இடத்தில் 1440 Hz இலும் 1560 Hz இலும் ஒரு கூறு இருக்கும். இவை சம தூரத்தில் இருக்கும்; ஆனால் தொண்டை ஒலிவர்ணனை/நிறமாலை 1560 Hz ஆனது 1440 Hz விட குறைந்த வீச்சைக் கொண்டிருக்கும்; எனவே பிந்தையது வெளீட்டின் ஒலிவர்ணனையின்/நிறமாலையில் இரண்டாவது உச்சியைத் தரும்.

அடிப்படை நிகழ்வெண் மாறும்போது என்ன நிகழும் என்பதைப் பார்ப்போம். இது 150 Hz மதிப்புக்கு உயர்வதாகக் கொள்வோம். கூறுகள் 150 Hz, 300 Hz, 450 Hz, 600 Hz போன்ற ஒலியைப் வரிசைத் தொடர்களாகும். ஒலிவர்ணனையின்/நிறமாலை உள்ள வரைகள் கூடுதல் இடைவெளியுடன் இருக்கும். மற்றும் உச்சங்கள் படம் 31(b)இல் காட்டியுள்ள இடங்களில் தோன்றும். முதல் உச்சம் 450 Hz இலும் இரண்டாவது உச்சம் 1500 Hz இலும் மூன்றாவது உச்சம் 2550 இலும் வரும். அடிப்படைக்குக் கூடுதல் அதிர்வு எண் இருந்தால், எடுத்துக்காட்டாக 250 Hz இருந்தால், ஒலிவர்ணனைக் கோடுகள் இன்னும் கூடுதல் இடைவெளியுடன் காணப்படும். ஆனால் எளிய பெருக்குத்தொகை ஒலியூக்கிகள் 500, 1500 மற்றும் 2500 Hzஇல் வரும் என்று காட்டுகின்றது. ஏனென்றால் இந்த ஒவ்வொரு அதிர்வெண்ணிலும் ஒலியியைபுகள் இருக்கின்றது. அவை இரண்டாவது, ஆறாவது மற்றும் பத்தாவது ஒலியியைபுகளாகும்.

படம் 31: வேறுபட்ட அடிப்படை அதிர்வுகளுக்குப் பேச்சுக்குழலின் பதில் (Response of vocal tract to different fundamentals) (Fry 1979: 75)



பேச்சில் அடிப்படை அதிர்வு எல்லா நேரங்களிலும் மாறிக்கொண்டிருக்கும். ஆனால் தொண்டை சுரத்தின் உட்கூறுகள் அடிப்படையின் ஒலியியைபுகளாகும். பேச்சுக்குழலின் ஒலியூக்கத்தின் விளைவு உண்மை ஒலியூக்கத்திற்குள் அண்மையில் இருக்கிற ஒலியூக்கங்களின் வெளியீட்டின் ஒலிவர்ணனையில்/நிறமாலையில் ஒரு உச்சத்தை உருவாக்குவதாகும். அடிப்படை நிகழ்வெண் தொடர்ந்து வேறுபட்டாலும் விளைகிற ஒலியின் ஒலிவர்ணனை/நிறமாலை எப்பொழுதும் ஒரே பொதுவான சுருக்கத்தைக் (எல்லைக்கோட்டை) கொண்டிருக்கும் அல்லது மேலுறல் செய்யும். இந்த உண்மை பேச்சுக்கு முக்கியமானதாகும். ஏனென்றால் தரத்தின் ஒரு போன்மை (sameness of quality) வேறுபட்ட அடிப்படைகள் உள்ள ஒலிகளின் எல்லையிலும் கேட்கப்படுகின்றது. இது இல்லை என்றால் பேச்சு ஒலிகள் அவைகளுக்கு இருக்கிற மொழிச் செயல்பாட்டை நிறைவேற்ற இயலாது. இந்தச் சூழலில் ஒழுங்குமுறையின் ஒலியூக்கத்திற்கு பயன்படுத்தப்படும் கலைச்சொல் ஒலிச்செறிவு (formant) என்பதாகும். இந்தச் சொல் ஒரு ஜெர்மனிச்சொல்லாகும். 17 செமீ குழலைத் தூண்டி உருவாக்கப்பட்ட ஒலிக்கு மூன்று ஒலிச்செறிவுகள் 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz என்பனவற்றில் இருக்கின்றன. நடைமுறை

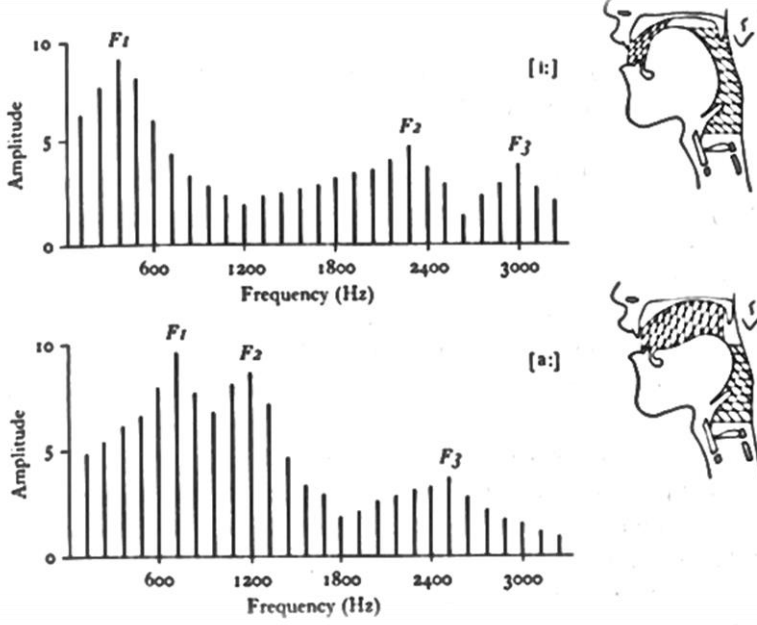
ஒலிச்செறிவுக்கு மிகக்குறைந்த ஒன்றிலிருந்து தொடங்கி ஒரு எண் தருவதாகும். இந்த எடுத்துக்காட்டில் 500 Hz என்பது F1 என்று சுருக்கப்பட்ட முதல் ஒலிச்செறிவு ஆகும்; 1500 Hz என்பது F2 என்று சுருக்கப்பட்ட இரண்டாம் ஒலிச்செறிவு ஆகும்; 2500 Hz என்பது F3 என்று சுருக்கப்பட்ட மூன்றாவது ஒலிச்செறிவு ஆகும். ஒலிச்செறிவுகள் தூண்டப்பட்ட ஒழுங்குமுறையின் ஒலியியக்க நிகழ்வெண்கள் ஆகும். இருப்பினும் உச்சம் நிகழ்கிற நிகழ்வெண்ணுக்கும் பொதுவாக இந்தச் சொல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு 17 செமீ குழலின் F1 ஆனது 500 Hzஇல் இருக்கிறது என்றாலும் படம் 31இன் ஒலிவர்ணனையில்/நிறமாலையில் 480 Hzஇல் இருக்கிற உச்சம் F1 என்று அடையாளப்படுத்தப்படலாம். ஆனால் F3 2400 Hz க்கும் 2520 Hzக்கும் இடையில் இருக்கவேண்டும். ஏனென்றால் இந்த இரு உட்கூறுகளுக்கும் ஒரே வீச்சு இருக்கின்றது.

சிலிண்டர் வடிவமான சூழல் உண்மையான பேச்சுக்குழலின் மிக அண்மைப்பட ஒற்றுமையுள்ள அமைப்பு அல்ல; ஆனால் இது உண்மையில் பேச்சுக்குழலின் சோர்வைக் (damping) கொண்டிருக்கும்; 500Hz, 1500 Hz, 2500 Hz என்ற முதல் மூன்று ஒலிச்செறிவுகளில் ஒலி நடு உயிர் ஒலியான [ə:] வகையைப் போல ஒலிக்கும். ஒலிச் செறிவுகளின் கருத்துச்சாயல் உயிர் ஒலிகளைப் பொறுத்தவரையில் பயன் உள்ளதாகும்; இருப்பினும் இது பிற ஒலிகளுக்கும் பயனுள்ளதாக அமையும். ஒலிச்செறிவு அமைப்பு என்று அழைக்கப்படும் ஒலிச்செறிவுகளின் வரிசைமுறை பல ஒலிகளின் புரிந்து கொள்ளலுக்கு அடிப்படையாகும். பேச்சுக்குழலின் குறிப்பிடத்தக்க பண்பு என்னவென்றால் ஒலிச்செறிவு அமைப்பில் காணத்தக்க வேறுபாடுகளைக் கொண்டுவரும்படி பேச்சுக்குழலின் ஒலியியக்கச் செயல்பாட்டை மாற்றலாம். மாறுபாடுகள் ஒலிபிறப்பில் உள்ள வேறுபாட்டின் விளைவுகள் தான்; இது பேச்சுக்குழலின் வடிவத்தையும் அதன் பரிமணத்தையும் பாதிக்கும். மிக முக்கியமான மாற்றங்கள் எல்லாம் நாக்கின் இருப்பின் மாற்றங்கள் தான். சிலிண்டருடன் ஒப்புமைப் படுத்தப்படும் பேச்சுக்குழல் முன்தொண்டைக்கும், பின் வாய்க்கும் இடையில் செங்கோணம் வருமாறு வளைந்துள்ளது. இவ்வாறு முன்தொண்டை வரை உள்ள பகுதி செங்குத்தாகவும் உதட்டிலிருந்து வாயின் பின்பக்கம் உள்ள பகுதி படுக்கைக்கோட்டிலும் இருக்கிறது. பேச்சுக்குழலின் இரு பகுதிகளின் ஒத்தறி நீளத்தையும் இதன் காரணமாக ஒலியூக்கத்தையும் மாற்றத்தக்க விகிதத்தில் நாவை முன்னும் பின்னுமாக அசைக்க இயலும். நாவை மேலும் கீழுமாகவும் அசைக்க இயலும். நா எங்கெல்லாம் உயரமாக இருக்கிறதோ அந்த இடங்களில் இது பேச்சுக்குழலைச் சிறிதாக்கும்; இந்த சிறிய பகுதி

பேச்சுக்குழலின் இரு பகுதியுடன் இணைந்திருக்கும். இந்தக் குழலின் நீளமும் குறுக்குவெட்டும் ஒலியின் ஒலிச்செறிவு அமைப்பின் மேல் (formant structure) செல்வாக்கை (influence) வைத்திருக்கும். குழலில் கூடுதல் வேறுபாடு உதட்டுத் திறப்பின் வடிவமும் நீளமும் புகுத்துகின்றது. மொழிகளின் உயிரொலி ஒழுங்குமுறைகள் ஒலிச்செறிவு அமைப்பில் வேறுபாடுகளை உருவாக மேற்சொன்ன எல்லா வழிகளையும் கையாளுகின்றது.

ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலியின் ஒலிச்செறிவு அமைப்பொழுங்கானது (pattern) ஒரு ஒலியூக்க ஒழுங்குமுறையாக வேலை செய்யும் முழுப் பேச்சுக்குழலின் ஒலியியக்கப் பண்பின் விளைவாகும். எனவே பேச்சுக் குழலின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதிக்கு எதாவது ஒரு ஒலிச்செறிவு தருவது நியாயமானது அல்ல. எடுத்துக்காட்டாக F1 மற்றும் F2இன் நிகழ்வெண்கள் ஒன்றுக்கொன்று சுதந்திரமானவை; ஏனென்றால் பொதுவாகப் பேச்சுக்குழலின் ஒரு பகுதியின் நீட்சி மற்ற பகுதியின் குட்டையாக்கலைக் குறிப்பிடும். இருப்பினும் செங்குத்துப்பாகம் படுக்கைக்கோட்டுப் பாகத்தைவிடக் கூடுதல் நீளமானது என்பது உண்மை. எனவே மிகக் குறைவான ஒலிச்செறிவான F1இன் அலைநீளத்திற்கு நீளமான பாகம் காரணமாகின்றது. குட்டையான பாகம் F2ஐ நிர்ணயிக்க நேரிடுகிறது. இந்த சார்ந்திருத்தலை [i:] மற்றும் [a:] என்ற இரு உயிர் ஒலிகளுக்கு இடையே உள்ள முரண்பாட்டால் (contrast) எடுத்துக்காட்டலாம். படம் 32 [i:] மற்றும் [a:] என்பவற்றின் பேச்சுக்குழல் வடிவத்தையும் எடுத்துக்காட்டான ஒலிவண்ணைகளையும் /நிறமாலைகளையும் காட்டுகின்றது.

படம் 32: [i:], [a:] என்பவைகளின் பேச்சுக்குழல் வடிவமும் ஒலிவர்ணனையும்/நிறமாலையும் (Fry 1979: 77)



[i:]க்கு நாவின் முன் பகுதி வாயில் உயரமாக இருக்கிறது; எனவே பேச்சுக்குழலின் பின்பகுதி மிக நீளமாகவும் நா இருக்கத்திற்கு முன்னால் உள்ள பாகம் மிகக் குட்டையாகவும் இருக்கின்றது. இது ஒப்பீட்டளவில் குறைந்த நிகழ்வெண் உள்ள F1ஐயும் மிகக் கூடுதல் நிகழ்வெண் உள்ள F2ஐயும் விளைவிக்கின்றது. ஒலிவர்ணனைகள்/நிறமாலைகள் 120 Hz அடிப்படை நிகழ்வெண்ணிற்குக் காட்டப்பட்டுள்ளது. F1 ஆனது 360 Hz நிகழ்வெண்ணிலும் F2 ஆனது 2280 Hz நிகழ்வெண்ணிலும் இருக்கிறது. [a:] என்ற உயிரொலியின் பிறப்பு மாற்றம் பேச்சுக்குழலுக்கு முற்றிலும் வேறுபட்ட கட்டமைப்பைத் (configuration) தருகின்றது. இப்போது காற்றுப் பத்தியின் சுருக்கம் வாயின் பின்பகுதியை நோக்கி இருக்கிறது; எனவே செங்குத்துப்பாகம் குட்டையாக இருக்கும்; இது F1இன் நிகழ்வெண்ணை அதிகரிக்கின்றது; நீளமான கிடைமட்ட பாகம் F2ஐ [i:]ஐக் காட்டிலும் குறைக்கின்றது. படம் 32இல் காட்டப்பட்ட ஒலிவர்ணனையில்/நிறமாலையில் F1 720 Hzஇலும் F2 1200 Hzஇலும் இருக்கின்றது. கட்டமைப்பில் உள்ள வேறுபாடு மூன்றாவது ஒலிச்செறிவின் மாற்றத்தையும் உருவாக்குகின்றது; F3 [i:]க்கு 3000 hz உம் [a:]க்கு 2520 Hz உம் ஆகும்.

பேச்சு ஒலிகளின் தெரிந்துகொள்ளலிலும் (recognition) வேறுபடுத்தலிலும் பங்களிப்பு செய்வதால் ஒலிச்செறிவு அமைப்பு முக்கியமானதாகும். அடிப்படை நிகழ்வெண்ணின் மாற்றங்கள் ஒலிவர்ணனையில்/நிறமாலையில் உச்சங்களின் சரியான இடமாற்றத்தை விளைவிக்கும்; ஏனென்றால் இவை ஒலியியையுடன் தொடர்புடையவை; ஆனால் ஒலிச்செறிவுகள் அதாவது பேச்சுக்குமுலின் உண்மையான ஒலியூக்கங்கள் பேச்சுக்குமுலின் தரப்பட்ட கட்டமைப்புக்கு ஒரே நிகழ்வெண் இடத்தில் உச்சங்களை உருவாக்கும்; இது அடிப்படை நிகழ்வெண்ணின் மாற்றங்களைப் பொருட்படுத்தாது. நாம் ஒரு பேசுபவரிடமிருந்து பிற பேசுபவருக்கு, குறிப்பாக ஆண், பெண், குழந்தைகளுக்கு இடையே மாறினால் அடிப்படை நிகழ்வெண்களின் பரப்பெல்லையிலும் பேச்சுக்குமுலின் பரிமாணங்களிலும் சொல்லத்தக்க வேறுபாடுகள் இருக்கும்; ஆனால் பொதுவான ஒலிச்செறிவு அமைப்பொழுங்கு ஒரே உயிரொலியைக் கேட்பவர்கள் புரிந்துகொள்ளச் செய்கின்றது. *heed* என்ற சொல்லிலுள்ள உயிரொலிக்கு F1 உம் F2உம் அதிக இடைவெளியையும் *hard* என்ற சொல்லிலுள்ள உயிரொலிக்கு F1 உம் F2உம் அண்மையையும் கொண்டிருக்கும்.

பேசுபவர்களின் அதிக அளவிலான எடுத்துக்காட்டு மாதிரிகளால் உருவாக்கப்பட்ட நிறமலைகளை அளந்து ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களின் சராசரி மதிப்பை பெற இயலும். பொதுவாக உயிர் ஒலிகளுக்கு ஒலிகளை வேறுபடுத்த கேட்பவர்கள் பயன்படுத்திய தகவலின் சிறப்பான பகுதி F1, F2 இவற்றின் ஒழுங்கமைப்பால் செய்யப்பட்டது. அட்டவணை 3 ஆங்கிலம் பேசுகின்றவர்களின் மாதிரியிலிருந்து கிடைக்கப்பெற்ற தரவின் அடிப்படையில் ஆங்கிலத்தின் சுத்த உயிர் ஒலிகளின் F1 மற்றும் F2-க்கு சராசரி மதிப்புகளைத் தருகின்றது. இந்த மதிப்பீடுகளிலிருந்து ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணிற்கும் (formant frequencies) ஒலிபிறப்புசார் கட்டமைப்புக்கும் (articulatory configuration) இடையில் முறையான உறவின் எதாவதொன்றை பார்ப்பது சாத்தியமாகும். முதல் நான்கு உயிரொலிகள் மூடிய முன் ஒலிபிறப்பிலிருந்து/உச்சரிப்பிலிருந்து திறந்த முன் ஒலிபிறப்புக்கு/உச்சரிப்புக்கு முன்னேற்றத்தைச் செய்கின்றது. படம் 32-இலிருந்து இவற்றின் முதலாவது, F1-உக்கும் F2-உக்கும் இடையில் அகன்ற இடைவெளியை உருவாக்குதே நாம் பார்த்தோம். ஒலிபிறப்பித்தல்/உச்சரித்தல் அதிகம் திறந்ததாகச் செய்யப்படுவதால் நாமேட்டின் காற்று வழி அகலமாக மாறுகின்றது மற்றும் குறுக்கம்/இடுக்கு வாயறையின் பின்புறமாக நகர்கின்றது. இந்த இரண்டு தாக்கங்களும்/விளைவுகளும் சேர்ந்து பேச்சுக்குமுலின் செங்குத்து மற்றும் கிடைமட்ட

பகுதிகளுக்கிடையில் சமமாக்கலை நோக்கிப் படிப்படியான மாற்றத்தை உருவாக்குகின்றது; இதன் விளைவாக F1 மற்றும் F2-இன் நிகழ்வெண்கள் ஒன்றைநோக்கி ஒன்று நகர்கின்றது. ஒலிபிறப்பிடம் *heed*-இல் உள்ள உயிரொலி *hard*-இல் உள்ள உயிரொலிக்கு நகர்வது போன்று முன்னிலிருந்து பின்னுக்கு நகரும் போது ஒலிச்செறிவு மற்றும் நிகழ்வெண்களின் தாழ்வு நிகழும். இந்த வெளிப்படையான ஒழுங்கற்ற விளைவு, நா அதன் இருப்பிடத்தை மாற்றுவதோடு அதன் வடிவத்தையும் மாற்றுகின்றது என்ற உண்மையால் விளக்கப்படுகின்றது. அதன் முன்பும் பின்பும் இருக்கும் இடைவெளி அதிகமாகும் படி நெருக்க இயலும். திறந்ததிலிருந்து மூடிய உயிரொலிக்கு முன்னேற்றதின் உச்சரிப்பு F1-இன் நிகழ்வெண்ணில் படிப்படியான குறைப்பை உருவாக்குகின்றது; F2-க்கான வரிசை பின் உயிரைப் பின்தொடரும் உதடு குவிதலின் விளைவாக குறைந்த அளவு சீரானதாகும். குவிக்கப்பட்ட உதட்டால் உருவாக்கப்படும் கூடுதலான பேச்சுக்குழல் பேச்சுக்குழாயின் கிடைநிலைப் பகுதியை நீட்சிசெய்கின்றது மற்றும் விரிந்த உதடுகளின் உச்சரிப்புடன் ஒப்பிடுகையில் இரண்டாவது ஒலிச்செறிவைத் தாழ்த்துகின்றது. இது குறிப்பாக [o:] என்பதன் நேர்வில் தெளிவாகத்தெரியும்; இதற்கு பல ஆங்கிலப் பேசுபவர்கள் உதடுகளின் குவிப்பைப் பயன்படுத்துவர்; F2 வின் சராசரி அண்டையில் வரும் உயிரொலிகளை விடத் தாழ்ந்ததாகும். அட்டவணையில் *hub* மற்றும் *herb* என்பதிலுள்ள இரண்டு மைய உயிரொலிகள் முன் மற்றும் பின் உயிரொலிகளுக்கு இடைப்பட்ட ஒலிச்செறிவுகளைக் கொண்டிருக்கும்.

அட்டவணை 3: ஆங்கில உயிர் ஒலிகளின் முதலாவது மற்றும் இரண்டாவது நிகழ்வெண்களின் சராசரி (Fry 1979: 79)

TABLE 3. Mean frequencies of first and second formants of English vowels

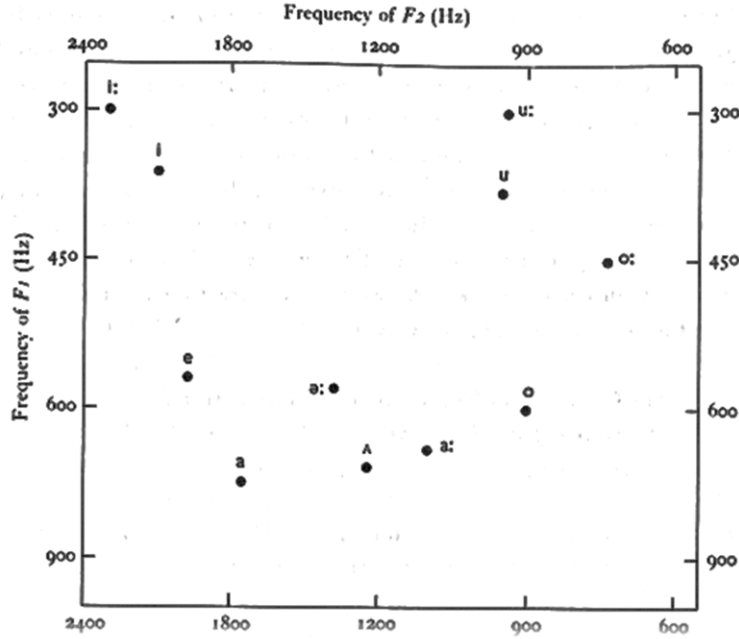
		F1 (Hz)	F2 (Hz)
i:	heed	300	2300
i	hid	360	2100
e	head	570	1970
a	had	750	1750
a:	hard	680	1100
o	hod	600	900
o:	hoard	450	740
u	hood	380	950
u:	who	300	940
ʌ	hub	720	1240
ə:	herb	580	1380

ஈருயிகளின் (diphthongs) ஒலிபிறபித்தல்/உச்சரிப்பு ஒரு உயிரிலிருந்து மற்றொரு உயிருக்கு நா இயக்கத்தின் நிலைமாற்றத்தை உட்படுத்தும்; எனவே இந்த ஒலிகள் ஒரு குழுவை ஒலிச்செறிவிலிருந்து மற்றொரு குழுவை ஒலிச்செறிவுக்கு விரைவான மாற்றத்தைத் தருக்கின்றது. *how* என்ற சொல்லிலுள்ள ஈருயிர் ஒலி [a:] என்ற உயிரொலியின் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களுடன் தொடங்குகின்றது; மற்றும் இவை [u:] உயிரொலிக்கான ஒலிச்செறிவின் திசைக்கு சுமுகமாக மாறுகின்றது. *here* சொல்லிலுள்ள ஈருயிர் [i]-இன் ஒலிச்செறிவுடன் தொடங்கி [e:]-வின் ஒலிச்செறிவின் திசைக்கு மாறும். இதுபோன்றே பிற ஈருயிர்களிலும் மாற்றம் நிகழும். ஈருயிரில் நிகழும் நாமாற்றம் புதிய உயிரொலி உச்சரிப்புக்கான முழு மாற்றம் அல்ல; ஆனால் தரப்பட்ட திசையில் உடன்பத்தியின் இயல்பு போன்றதாகும்; எனவே ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களின் மாற்றம் குழல் மற்றும் பேசுவரைப் பொறுத்து அதிகமாகவோ குறைவாகவோ இருக்கும். எனவே ஈருயிர் ஒலிகள் கொண்டிருக்கின்ற ஒலித்தனிமங்களின் சராசரியைத் தருவது மிகச் சரியல்ல.

ஒலிப்பிறப்பிற்கும் ஒலிச்செறிவு அமைப்புக்கும் உறவு இருப்பதைப் பார்த்தோம். இதை உயிர் ஒலிகளின் F1 மற்றும் F2-இன் நிகழ்வெண்களை வரைபடத்தில் உள்ள இரு அச்சுகளிலும் திட்டமிட்டு வரைந்து உருப்படுத்தம் செய்யலாம். எந்த வரைபடத்தின் தோற்றமும் தொடர்புள்ள அளவுகளுக்கு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட குறிப்பிட்ட அளவுகோல்களின் அடிப்படையில் அமையும். படம் 33-இல் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள அளவுகோல்கள் ஓரளவுக்கு வித்திரமானதாகத் தெரியலாம்; ஆனால் அவை தோற்றமளிப்பதைக் காட்டிலும் குறைந்த அளவே விசித்திரமானதாகும். F1 மற்றும் F2-இன் நிகழ்வெண் அளவுகோல்கள் லாகிரதம் சார்ந்தவையாகும்; அதாவது நிகழ்வெண்களின் பெருக்குத்தொகை அளவுகோலில் தரப்பட்ட தூரத்தின் கூடுதலால் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டது. இது ஒரு கேட்பவருக்கு கிடைக்கும் ஒத்தறி இசைமையின் பதிவுகளை அதிக அண்மையில் பிரதிபலிக்க உதவுகின்றது; நாம் முன்னர் பார்த்தபடி ஒவ்வொரு சமமான இசைமை இடைவேளைகளின் கூடுதலும் தரப்பட்ட காரணியின் தூண்டலின்/ஊக்கதின் பெருக்கலை வேண்டுகின்றது: எடுத்துக்காட்டாக, இசைமையில் ஒரு ஆக்டேவ் அதிகரிப்பு நிகழ்வெண்ணின் இரட்டிப்பைக் குறிப்பிடும். வரைபடத்தில் வலமிருந்து இடம் F2-இன் நிகழ்வெண் அதிகரிக்கின்றது மற்றும் F1-இன் நிகழ்வெண் மேலிருந்து கீழே அதிகரிக்கின்றது என்ற உண்மை வரையப்பட்ட புள்ளிகளால் உருவான அமைப்பொழுங்கின் காட்சி நோக்குநிலையைத் தீர்மானிக்கின்றது. இந்த வழியில் F1-F2 இடைவெளியில் ஆங்கில உயிரொலிகளுக்குச் சராசரி நிகழ்வெண்களை வரைவது ஒலிகளின் ஒலியியக்க அமைப்பு மற்றும் மரபு உயிரொலி நாற்கரத்தில் (conventional vowel quadrilateral) பிரதிபலிக்கும் அவற்றின் ஒலிப்பிறப்பு பண்பு இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள ஒற்றுமையை பொதுவான சுருக்கத்தில் உடனடியாகக் காட்டுகின்றது. நாம் முன்னர் குறிப்பிட்டபடி மூடிய முன் உயிரொலிகளுக்கு தாழ்ந்த F1-உம் உயர்ந்த F2-உம் உள்ளன; மூடிய முன் உயிரொலிகளிலிருந்து திறந்த முன் உயிரொலிகளின் உச்சரிப்பை நோக்கி முன்னேறும் போது F1-உக்கும் F2-உக்கும் இடையில் உள்ள தூரம் குறையும். உயிரொலி நாற்கரத்திற்கும் F1-F2 திட்டவரைவுக்கும் உள்ள பொருத்தம் மிகச் சரியானதாக இருக்காது; ஏனென்றால் முந்தையது நாவின் மிக அதிகமான குறுக்கத்தின்/இடுக்கின் இடத்தை மட்டும் கருத்தில் கொள்கின்றது; மாறாக ஒலிச்செறிவு அமைப்பு வாயில் முழு நாவின் இருப்பிடத்தாலும் உதட்டின் வடிவத்தாலும் பாதிக்கப்படுகின்றது. இந்த காரணிகள் குறிப்பாகப் பின் உயிர்களைப் பாதிக்கின்றது; மற்றும் இங்கே நாம் இரு

உருப்படுத்ததின் அதிக வேறுபாடுகளை பார்க்கின்றோம்; எடுத்துக்காட்டாக [o:]வுக்கான F1-F2 திட்டவரைவு இதழ் குவிதல் காரணமாக தாழ்ந்த F2ஐக் காட்டுகின்றது.

படம் 33: ஆங்கில உயிரொலிகளின் F1-F2 திட்டங்கள் (Fry 1979: 80)



2.8. கால நீட்சி மாறாத மற்றும் கால நீட்சி மாறும் ஒலிகள் (periodic and aperiodic sounds)

எல்லா ஒலிகளுக்கும் ஒரு பண்புக்கூறு பொதுவாக இருக்கின்றது. அவை நிகழ்வெண் மற்றும் ஒலியைபுகளின் வரிசைகள் ஆகும். ஒலியியைபுகளின் நிகழ்வெண் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணின் சரியான பெருக்குத் தொகைகளாகும். இது அலை நீளத்திடன் தொடர்புடையது. இதன் காரணமாக அலைவடிவுடனும் தொடர்புடையது. அடிப்படை நிகழ்வெண் 100 Hz என்றால் இந்த அதிர்வின் கால நீட்சி 10 மிசெ ஆகும். அதாவது இது ஒவ்வொரு 10 மிசெ-க்கும் அழுக்கத்தின் ஒரு உச்சத்தை உருவாக்கும். இந்த உச்சங்களைத் தந்துள்ள ஊடகத்தில் ஒலி அலைகள் இந்த கால அளவில் நகர்ந்த தூரத்தால் வெளியிடத்தில் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும் (காற்றில் 3.4 மீ). அதிர்வின் இந்த அலை படம் 3-இல் காட்டப்பட்டது. இரண்டாவது ஒலியைபான 200 Hz அதே நேரத்தில் சரியாக இரண்டு சுற்றுகள் கடத்தும். அடிப்படை நிகழ்வெண்ணிலுள்ள அதிர்வுகள் இரண்டாவது சுற்றைத் தொடங்குவதற்காக ஓய்வு நிலையைக் கடக்கும் போது அதன்

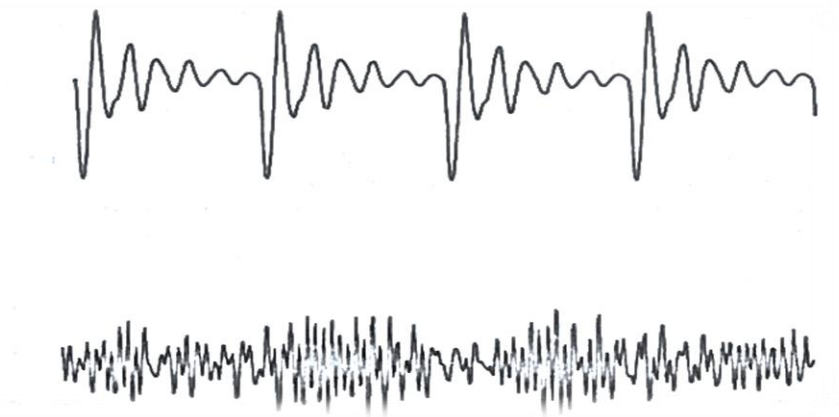
சுற்றின் நேர்மறை/பாசிடீவ் பாகத்தில் இரண்டாவது ஒலியியையும் தொடங்கத் தொடங்கும். இது போலவே மூன்றாவது, நான்காவது, ஐந்தாவது மற்றும் எந்த ஒலியியையும் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணில் இயக்கத்தின் ஒரு சுற்றால் எடுக்கும் நேரத்தில் சுற்றுகளின் சரியான எண்ணிக்கையை முடிக்கும். இதன் விளைவாக வேறுபட்ட எல்லாச் சலனங்களும்/இயக்கங்களும் ஒரு கலவை அலையைத் தருவதற்காக இணைசேர்க்கப்பட்டால் அடிப்படையின் ஒவ்வொரு சுற்றிற்குள்ளும் இயக்கங்களின் ஒரே அமைப்பொழுங்கு நிகழும். நாம் படம் 11, 12இல் பார்த்தது போல் திரும்ப நிகழும் அலைவடிவு இருக்கும். அலை இயக்கத்தின் சீரான கலவை அலைகள் மீண்டும் நிகழும் தன்மை காரணமாக, இம்மாதிரியான ஒலி காலநீட்சி மாறாத (periodic) ஒலிகள் எனப்படும். நாம் பார்த்த இசைக்கருவி ஒலிகளும் தூய சுரங்களும் (pure tones) தொண்டையால் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒலியும் பேச்சுக்குழலால் மாற்றப்பட்ட அதே ஒலியும் உயிர் ஒலிகளாகப் பேசுபவரின் வாயிலிருந்து வரும் ஒலியும் கால நீட்சி மாறாத ஒலிகளாகும். காலநீட்சி மாறாத அலைகள் ஒலியியைபுகளின் வேறுபட்ட ஒழுங்கமைப்பால் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று வேறுபட்டாலும் காலம் மாறாததன்மை (periodicity) காதாலும் மூளையாலும் தெரிந்து கொள்ளக்கூடிய சில பொதுவான குணத்தை உருவாக்கும். காலம் மாறாத ஒலிகளின் பொது வகுப்பைச் சாரும் ஒலிகள் சுரங்கள் (tone) என்று அழைக்கப்படும். சுரங்களின் ஒரு பண்பு என்னவென்றால் அளவைகளுக்கு எளிதில் தெரிந்து கொள்ளப்படக் கூடிய தீர்மானமான இசைமை (definite pitch) இருக்கும்.

எல்லா கூறுகளும் (components) ஒலியியைபுகளாக இல்லாத ஒரு ஒலியை நேரிடுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். அடிப்படை நிகழ்வு எண் (fundamental frequency) 100 Hz என்று வைத்துக் கொள்வோம். இந்த நிகழ்வெண்ணில் ஒலியியைபுகளின் பல எண்ணக்கைகள் இருக்கும். மட்டுமின்றி 227 Hz உள்ள வேறு ஒரு கூறும் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். இந்த அதிர்வின் கால அளவு (period) 4.4 மி.செ. ஆகும். எனவே இது 8.8 மி.செ.இல் இரு சுற்றுகளை முடிக்கும். அடிப்படை 10 மி.செ.இல் அதன் இரண்டாவது சுற்றை நேரிடுகையில் அது அதன் மூன்றாவது சுற்றின் நான்கில் ஒரு பாகத்தை முடித்து விட்டிருக்கும். கலவையின் (complex) இந்த அலை இயக்கத்தின் சேர்க்கை அடிப்படையின் முதல் சுற்றுக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவடிவைத் தரும். 227 Hz கூறு 17.6 மி.செ. காலத்தில் நான்கு சுற்றுகளை முடித்துவிடும். ஆகையால் இரண்டாவது சுற்றில் சூழல் வேறுபடும். அடிப்படை அதன் இரண்டாவது சுற்றை முடிக்கையில் 20 மி.செ.இல் 227 Hz அதன் 5-வது சுற்றில் பாதியை முடிக்கும். 227 Hz அதன் அடுத்தடுத்த சுற்றில் அடிப்படையுடன் மற்றும் அதன் எல்லா ஒலியியைபுகளுடன் வேறுபட்ட கால உறவு

கொண்டிருக்கும். இதன் பயனாக ஒவ்வொரு சுற்றின் அலைவடிவும் வேறுபடும். எனவே சரியான காலம் மாறாத தன்மை சிதைக்கப்படும். கலவை ஒலியிலுள்ள இம்மாதிரியான கூறு ஒலியியைபற்ற கூறு (inhomonic component) என்று அழைக்கப்படும்.

இரைச்சலுக்கும்/ஓசைக்கும் (noise) சுரத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு சப்தத்தில் காற்றுத் துகள்களின் இயக்கத்தின் (random nature) முறையற்ற இயல்புக்கும் அமைப்பொழுங்கான இயல்புக்கும் (patterned character) உள்ள வேறுபாடாகும். ஒழுங்கற்ற இயக்கத்தை (random movement) உருவாக்கும் ஒரு வழிமுறை ஒத்தறி அடிப்படையில் மிகக் குறுகலான இடைவெளி வழி காற்றைப் போகச் செய்வதாகும். இது கொந்தளிப்பை (turbulence) உருவாக்கும். பேச்சில் நிகழும் பெரும்பாலான இரைச்சல்களுக்கு (noises) இந்த நடப்புதான் (phenomenon) காரணம். [s] ஒலியை உச்சரிப்பதற்காக நாம் நாவுக்கும் அண்பல்லிற்கும் இடையில் ஒரு குறுகலான இடைவெளியை உருவாக்கி இந்த இடைவெளி வழி காற்று செல்லும்படி கட்டாயப்படுத்துகின்றோம். இதனால் விளையும் கொந்தளிப்பு (turbulence) மீண்டும் நிகழாத கால நீட்சி மாறும் அலைவடிவுடன் கூடிய ஒரு வகை உரசொலியை (hissing noise) உருவாக்கும். படம் 34 [s]இன் மாதிரி அலைவடிவையும் அதனுடன் ஒப்பிடும்படியான உயிரொலி [a:]இன் மாதிரி அலை வடிவையும் காட்டுகின்றது.

படம்34: [a:], [s] இவற்றின் அலை வடிவம் (Fry 1979: 84)



உயிர் ஒலியின் மீண்டும் நிகழும் அமைப்பொழுங்கு தெரிகிறது. ஆனால் இரைச்சல் அலைவடிவில் எந்த மீண்டும் நிகழும் அமைப்பொழுங்கும் இல்லை. பேசும் போது நிகழும் கால நீட்சி மாறாத

எல்லா ஒலிகளுக்கும் தொண்டைதான் ஒலி மூலம். குரல்வளை மடல்களை திறந்து மூடுவதால் உருவாக்கப்படும் துடி அலை (pulse wave) அடிப்படையான காலநீட்சி மாறாத தன்மையைத் தருகின்றது. இருப்பினும் குசுகுசு பேச்சில் (whispered speech) உள்ளது போல் தொண்டை இரைச்சல் உருவாக்கியாகச் செயல்பட இயலும். குரல்வளை மடல்கள் முழுவதும் அடைக்கப்படாமல் அதன் ஓரங்களுக்கு இடையே உள்ள காற்று வழி சிறிதாகும் படி குறுக்கப்பட்டால் நுரையீரலிலிருந்து இந்த இடத்தை அடையும் காற்றொழுக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்துடன் வந்தால் இந்த இடத்தில் கொந்தளிப்பு ஒருவாக்கப்படும். அரிநெனாய்ட் கார்ட்டிலேஜசின் (arylenid cartilages) குரல் செயல்பாட்டிற்கு இடையிலுள்ள இடத்தை விட்டுவிட்டு அதே சமயம் குரல்வளை மடலின் மீதி பாகத்தின் நீளத்தில் தொட்டு குறுகலை (constriction) உருவாக்கலாம். இந்தத்தொழில் நுட்பம் கடினமான அல்லது மெல்லிய குசுகுசுப்பில் பயன்படுத்தப்படும். அல்லது குசுகுசுப்பின் மிருதுவான மற்றும் ரகசியமான வகையில் குரல்வளை மடல்களுக்கிடையில் அதன் நீட்டுவாக்கில் குறுகலான திறப்பு இருக்கலாம்.

குசுகுசுப்புப் பேச்சில் காலநீட்சி மாறாத ஒலியின் மூலம் அதே இடத்தில் குறிப்பிடப்பட்ட இரைச்சல் மூலத்தால் இடம் பெயர்க்கப்படும். கேட்கக்கூடிய குசுகுசுப்புப் பேச்சு முழுவதும் புரியக்கூடியது. இதன் பொருள் என்னவென்றால் இரைச்சல் மூலம் (noise source) காலநீட்சி மாறாத அல்லது குரல்மூலம் (voice source) போல பேச்சுக் குழலின் ஒலியூக்கத்திலும் செயலூக்கமுடையது. ஏனென்றால் இந்த மாறக் கூடிய ஒலியூக்கங்களின் மேல்தான் பேச்சின் புரியும் தன்மை சார்ந்திருக்கின்றது. குசுகுசு உயிரொலிக்கு அதற்கு இணையான குரல் உயிர் ஒலியின் அதே நிகழ்வெண் இடங்களில் ஒலிச் செறிவு இருக்கும். உண்மையில் ஒலிச்செறிவுகளின் செயலூக்கம் (effect of the formants) உயிரொலி குசுகுசுக்கப்படும் போது எளிதில் கேட்கும். மெய்யொலியான [h] உச்சரிக்கப்படும்போது குரல் பேச்சில் ஒலியூக்கங்கள் உந்தப்படும் அதே வழியில் உந்தப்படும். heed, hord, hoard, மற்றும் hood என்ற சொற்கள் ஒவ்வொன்றிலும் முதல் ஒலிக்கு வேறுபட்ட இயல்பு இருக்கின்றது. ஏனென்றால் பேச்சுக்குழலின் ஒலியூக்கங்கள் வேறுபட்டவை. ஒவ்வொன்றும் தொடர்கிற உயிரொலியின் மிருதுவான குசுகுசு வகையாகும்.

பேச்சில் இரைச்சல் உருவாக்கத்தின் தனிப்பட்ட வகை குசுகுசுப்பாகும். ஆனால் எல்லா குரலிலா மெய்யொலிகளுக்கு இரைச்சல் மூலங்கள் உருவாக்க குரல்பேச்சு வேண்டுகிறது. சுரத்திற்கும் இரைச்சலுக்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாட்டை ஒலியியல்பு (sound quality) வேறுபாடாக நமது காதும் மூளையும் எளிதில் புரிந்து கொள்கின்றன. இருப்பினும் இந்த இரு

வகுப்புகளுக்கும் இடையே உள்ள எல்லைக் கோட்டின் மேல் வருபவைகளாகச் சில ஒலிகளை உணர இயலும். எந்தக் கால நீட்சி மாறாத காற்று துகள்களின் முறையற்ற சலனத்திலிருந்து வரும் ஒலி எந்தவித ஐயமோ பண்பாக்கமோ இன்றி இரைச்சலாக (noise) நமக்குப்படுகின்றது. நீராவி வெளியேறும் ஓசையுடன் சூடான சட்டியில் பொரிக்கும் ஓசையும் மீண்டும் நிகழும் அமைப்பொழுங்கில்லாத அலை வடிவும் காட்டுகின்றது. ஒலியை ஒலியியக்கவியல் அடிப்படையில் ஆய்ந்தால் அவை நிகழ்வெண்ணின் பரந்த பரப்பெல்லையில் ஆக்கப்பட்டதாய்த் தெரிகின்றது. அவையெல்லாம் ஏறக்குறைய ஒரே வீச்சு உடையவை. மின்னணு சுற்றுக்களை (electronic circuits) பயன்படுத்தி எல்லா நிகழ்வெண்ணும் அடங்கும் (20Hz முதல் 20000 Hz வரையிலான) இரைச்சல்களை உருவாக்க இயலும். இம்மாதிரியான ஓசை வெள்ளை ஓசை (white noise) எனப்படும். ஒரு குறுகலான இடைவெளி வழி மிகுந்த வேகத்துடன் காற்றை செலுத்துவதால் உருவாக்கப்படும் கொந்தளிப்பு வெள்ளை ஓசையின் பொதுவான இயல்புள்ள ஒலியை உருவாக்கும். காது இரைச்சலாக அறிந்து கொள்ளும் ஓசைகளின் இரண்டாவது வகுப்பும் இருக்கிறது. சுரங்கள் சீரான மீண்டும் நிகழும் அலைவடிவால் பண்பாக்கம் செய்யப்பட்டுள்ளன. காது சிறிது நேரமே இருக்கும் தனியான இடைஞ்சலால் (single disturbance) தாக்கப்பட்டால் மற்றும் மீண்டும் நிகழாவிட்டால், இது இரைச்சலாகக் (noise) கேட்கும்.

இரைச்சல்கள் (noises) வெடிப்பு மெய்யொலிகளில் நிகழும் தனியான இடைஞ்சல் (simple disturbance) அல்லது மாறும் வகை (transient type) இவற்றையும் உரசொலிகள் (fricatives) மற்றும் அடைப்பு உரசொலிகள் (affricates) இவற்றில் நிகழும் நீண்ட நேரம் நீடித்து நிற்கும் அலையையும் உள்ளடக்கும். இவையெல்லாம் பேச்சுக்குழலில் ஏதாவது ஒரு புள்ளி இடத்தில் இரைச்சல் மூலத்தை (noise source) உருவாக்க வேண்டும். பேச்சில் காலநீட்சி மாறா ஒலிகளின் மூலம் எப்பொழுதும் தொண்டையில் இருக்கும்; ஆனால் இந்த இடங்கள் ஒலியியல் அடிப்படையில் ஒலி பிறக்குமிடம் என்று குறிப்பிடப்படும். இப்படியாக [p,b] என்பவைகளுக்கு இரைச்சல் (noise) இதழ்களில் (lips) உருவாக்கப்படுகின்றது. [f,v] என்பவைகளுக்கு கீழ்தலில் (lower lip) உருவாக்கப்படுகின்றது. [[q,ʃ] என்பவைகளுக்கு மேல் பல்லில் (upper teeth) உருவாக்கப்படுகின்றது. [t,d] என்பவைகளுக்கு அண்பல்லில் (teeth ridge) உருவாக்கப்படுகின்றது. [s,z] என்பவைகளுக்கு அண்பல்லில் உருவாக்கப்படுகின்றது. [ʒ] என்பவைகளுக்கு இரைச்சல் உருவாக்கி சிறிது கூடுதல் பின்பாக இருக்கின்றது. [k,g]

என்பவைகளுக்கு இரைச்சல் மெல் அண்ணத்தில் உருவாக்கப்படுகின்றது; மற்றும் [h] மட்டும் தொண்டையில் உருவாக்கப்படுகின்றது.

ஒரு மெய்யொலி குரலொலி (voiced) என்றால் தொண்டையில் உள்ள சுரம் உருவாக்கி (tone generator) அதே நேரத்தில் பேச்சுக்குழலில் வேறு இடத்தில் ஓசை உருவாக்கியாகச் (noise generator) செயல்படுகிறது என்று அர்த்தம். உண்மையில் ஒலிக்கு இரண்டு மூலங்கள் இருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, [Z] என்ற ஒலி இரு உயிர்களுக்கிடையே (intervocalic position) உச்சரிக்கப்படும்போது தொண்டையில் கால நீட்சி மாறா ஒலி உருவாக்கியின் (periodic sound generator) செயல்பாட்டையும் அண்பல்லில் (alveolar ridge) ஓசை உருவாக்கியின் செயல்பாட்டை வேண்டுகின்றது. இம்மாதிரியான ஒலிகள் எல்லாம் சுரம் (tone) மற்றும் இரைச்சல் என்பதன் கலவை ஆகும். அவற்றின் அலைவடிவு இரைச்சல் கூறு (noise component) காரணமாக மீண்டும் நிகழும் அமைப்பொழுங்கு (repeating patterns) அல்ல. இருப்பினும் காலநீட்சி மாறா அளவு (degree of periodicity) தெரிகின்றது. இந்த நுண்ணலகுகள் (elements) இந்த ஒலிகளின் இசைமையின் வேறுபாட்டைக் கேட்க இயலச்செய்கின்றது.

2.8.1. ஓசை வடிகட்டியாகப் பேச்சுக்குழல் (the vocal tract as noise filter)

குசுகுசுப்பேச்சு (whispered speech) எடுத்துக்காட்டிலிருந்து பேச்சுக்குழாயின் ஒலியூக்கிகள் அவை தொண்டையிலிருந்தான காலநீட்சி மாறாத ஒலி மேல் செய்வது போல இரைச்சல் மேல் இயங்கவேண்டும் என்பது தெரிகின்றது. எனவே பேச்சுக் குழலில் உருவாக்கப்படுகின்ற எந்த இரைச்சலும் அது பேசுபவரின் வாயிலிருந்து வெளிவரும் நேரத்தில் மிகக் கூடுதலான மாற்றத்திற்கு உள்ளக்கப்படும். ஒலியூக்க ஒழுங்குமுறை (resonating system) முழுவதுமாக செயல்படும்; அதாவது அது ஒலிக்குறியில் (signal) புகுத்துகின்ற ஒலியூக்கங்கள் பேச்சுக்குழலின் முழு நீளத்தின் இயல்பான பண்புகளின் (disposition) விளைவாகும் (effect). எந்த இடத்தில் இரைச்சல் உருவாக்கி (noise generator) இருந்தாலும் அது உண்மையாகும். குறுக்கத்திற்கு (constriction) முன்னரும் பின்னரும் இருக்கும் பேச்சுக்குழலின் பகுதி ஒழுங்குமுறையால் இரைச்சல் எப்படி மாற்றப்படும் என்பதைத் தீர்மானிப்பதில் அவற்றின் பங்கைச் செய்கின்றது.

உருவாக்கப்படும் இரைச்சல் அடிப்படையில் வெள்ளை ஓசை வகையாக (white noise type) இருந்தால் பேச்சுக்குழாயின் காணத்தக்க விளைவு சில குறிப்பிட்ட நிகழ்வெண்

பட்டைகளின் (frequency bands) மீதான இரைச்சல் சக்தியின் (noise energy) வீச்சின் மிகக் கூடுதலான குறைப்பாகும் (reduction). இதன் காரணமாக எங்கு இரைச்சல் கருதப்படுகின்றதோ அங்கு பேச்சுக்குழலின் இறுக்கும் விளைவைப் (filtering effect) பற்றி பேசுவது பொதுவானவாகும். வடிகட்டை என்ற கருத்துரு (concept) ஒலியூக்கியின் ஒரு நோக்கத்திலிருந்து ஆக்கப்பட்டதாகும்.

பேச்சுக்குழாயில் இரைச்சல் உருவாக்கியின் (noise generator) இருப்பிடம் குறுக்கத்தின் (constriction) பின்னும் முன்னும் வரும் பேச்சுக் குழாயின் பகுதிகளின் பரிமாணங்களை பாதிக்கின்றது. இது ஒலியூக்கத்தை நிர்ணயிக்கின்றது. எனவே பேச்சுக் குழாயில் புகுத்தப்பட்ட வடிகட்டுதல் விளைவை (filtering effect) நிர்ணயிக்கின்றது. அண்பல் ஒலிப்பிடம் (alveolar point of articulation) பேச்சுக்குழலை மிகக் குட்டையான முன் பகுதியாகவும் மிக நீளமான பின் பகுதியாகவும் பிரிக்கும். கடை அண்ண ஒலிப்பிடம் பேச்சுக் குழலை கிட்டத்தட்ட ஒரே நீளமான இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கும். இறுக்கும் விளைவு (filtering effect) பௌதிக அடிப்படையில் மிகக் கலவைத் தன்மையானது (physically very complex); மேலும் பேச்சுக் குழலின் இரு பாகங்களின் நீளங்களையும் குறுக்கத்தின் குறுக்குவெட்டு பரப்பையும் (cross-sectional area) காற்றொழுக்கின் (air flow) வேகத்தையும் (rate) பொறுத்து வடிகட்டும் விளைவு அமையும். எடுத்துக்காட்டாக [s], [ʃ] என்ற ஒலிகளுக்கு இடையிலான வடிகட்டும் வேறுபாடுகளுக்கு (filtering differences) மேற்சொன்ன காரணிகள் காரணமாகும். [s] என்பதில் இரைச்சல் வடிகட்டப்படுவதால் 4000 Hz இலிருந்து மேற்படுகிற கூறுகளுக்குத்தான் சொல்லத்தக்க சக்தி இருக்கிறது. [ʃ] என்பதில் இரைச்சல் வடிகட்டப்படுவதால் 1800 Hz-இலிருந்து மேற்படுகிற கூறுகளுக்குத்தான் அகலப்பட்டடையின் (wide band) மேல் சக்தி இருக்கும்.

வெடிப்பொலிகளுக்கு (plosive consonant sound) காற்று அழுத்தத்தின் நீக்கம் (release of air pressure) இரைச்சலின் மிகச் சிறிய வெடிப்பை விளைவிக்கும். மேலும் இது பேச்சுக் குழல் வடிகட்டியால் வடிவமைக்கப்படும். [t,d] என்பவற்றில் நாம் கேட்கிற ஓசை வெடிப்பு பேச்சுக் குழாயின் குட்டையான பாகத்தால் கூடுதலாக ஊக்கப்படுத்தப்படும். இது 4000 Hz உச்ச நிகழ்வெண் (high frequency region) இடத்தில் இருக்கும். [k,g] என்பனவற்றிற்கு ஓசை 1800-2000 Hz நடு நிகழ்வெண் இடத்தில் இருக்கும்.

2.9. ஒலியியக்கவியல்: ஒலி நிறமாலைவரைவி (Acoustic analysis: the sound spectrograph)

நம் காதுகளை அடையும் ஒலியின் எளிமையான சாத்தியமான விளக்கம் ஒலி அலையின் வழியில் நிற்கும் காற்றுத்துகள்களின் இயக்கத்தின் (சலனத்தின்) வீச்சைப் பதிவு செய்வதால் கிடைக்கும். இயக்கமானது திசையிலும் பயணித்த தூரத்திலும் காலத்துடன் தொடர்ச்சியாக மாறுகின்றது. இந்த வேறுபாடுகளின் வரைபடம் ஒலியின் அலைவடிவாகும். இம்மாதிரியான வரைபடத்தில் காலம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி இவற்றின் பரிமாணங்கள் மட்டும் உட்படுத்தப்படுகின்றது. ஆனால் நாம் இயக்கத்தின் திசையில் தலைகீழ் மாற்றங்களுக்கு இடையே உள்ள கால இடைவேளையையோ இயக்கத்தின் கலவை அமைப்பொழுங்கின் திரும்ப நிகழ்பவைகளுக்கு இடையே உள்ள கால இடைவேளையையோ நாம் கவனித்துக் குறித்தால் நாம் நிகழ்வெண்ணின் பரிமாணத்தை அறிமுகம் செய்யலாம். எந்த கலவை அலையும் பொருத்தமான நிகழ்வெண் வீச்சு நிலை (phase) உள்ள சைன் அலைகளின் கூட்டால் உருவாக்கலாம். எந்த ஒலி அலையின் வகையின் பயன்படக் கூடிய விளக்கம் சைன் அலைகளின் கூறுகளின் நிகழ்வெண்ணையும் வீச்சையும் குறிப்பிடுவதாகும். இந்த செய்தியைத் தெரிந்து கொள்ள உதவும் செயல்பாடு ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு (acoustic analysis) அல்லது நிகழ்வெண் ஆய்வு (frequency analysis) எனப்படும். இந்த ஆய்வுகளுக்கு ஒலிநிறமாலைவரைவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

2.9.1 ஒலியின் கடுமை (sound intensity)

விசை அல்லது சக்தியின் வினியோகம் இல்லாமல் எந்த அதிர்வு இயக்கமோ அதன் காரணமான ஒலியோ சாத்தியம் இல்லை. ஒரு ஒழுங்குமுறைக்கு வினியோகிக்கப்படும் விசையின் மொத்த அளவு (total amount of force) ஒழுங்குமுறையின் அதிர்வு இயக்கத்திற்கு அல்லது ஒலியலையை உருவாக்கும் காற்றுத் துகள்களின் இயக்கத்திற்குப் பயன்படுத்த அல்லது விரயமாக்க எவ்வளவு சக்தி இருக்கிறது என்பதைத் தீர்மானிக்கின்றது. எனவே நாம் ஒலியின் பலத்தை வீச்சில் (amplitude) தான் குறிப்பிட வேண்டி இருக்கிறது. மேலும் ஒலியின் உரப்பு (loudness) வீச்சைப் பொறுத்து அமைகின்றது. எனவே நாம் ஒலியின் உரப்பு ஒலியிலுள்ள சக்தியுடன் கூடுதல் அண்மையில் தொடர்புடையது எனக் கூறலாம். இதிலிருந்து கூடுதல் வீச்சு உள்ள அதிர்வுகளுக்குக் குறைந்த வீச்சு அதிர்வுகளைக் காட்டிலும் கூடுதல் சக்தி தேவைப்படும் என்று புரிந்து கொள்ளலாம். ஒரே வீச்சு உள்ள ஆனால் ஒன்று மற்றதை விடக் கூடுதல் நிகழ்வெண் உள்ள இரு ஒலி அலைகள் இருந்தால் கூடுதல் நிகழ்வெண் உள்ள ஒரு அலைக்குக் குறைந்த நிகழ்வெண் உள்ள ஒலி அலையைக் காட்டிலும் கூடுதல் சக்தி தேவைப்படும் என்பதையும் உணர்ந்து கொள்ளலாம்; ஏனென்றால் முன்னும் பின்னுமான இயக்கம் அடிக்கடி நிகழ்கின்றது. இசைமையில் ஒரு ஆக்டேவ் வேறுபாடு இருந்தால் முன்னும் பின்னுமான இயக்கம்

இரண்டு மடங்கு கூடுதல் தடவை நிகழும். ஒலிகள் ஒரே வீச்சு உடையதாய் இருந்தாலும் இரண்டாவதில் கூடுதல் நிகழ்வெண் உள்ள ஒலி உரப்பாக (louder) இருக்கும். எனவே உரப்பு ஒலியலுள்ள சக்தியைப் பொறுத்து அமைகின்றது; மேலும் இது வீச்சுடனும் நிகழ்வெண்ணுடனும் விகிதத் தொடர்புடையது. இந்த இரண்டையும் விளக்கும்/கணிக்கும் ஒரு அளவு தேவைப்படுகின்றது. இதற்கு ஒலிக்கடுமை (sound intensity) என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்தலாம். ஒருவசம் கடுமையும் மறுவசம் நிகழ்வெண்ணும் வீச்சும் இருக்கையில் இரண்டிற்கும் இடையிலுள்ள உறவு முழுவதும் எளியதல்ல; ஏனென்றால் கடுமை நிகழ்வெண்ணின் இரு மடங்குடனும் (square of the amplitude) வீச்சின் இரு மடங்குடனும் விகிதத் தொடர்புடையது. இதன் அர்த்தம் என்னவென்றால் 100 Hz நிகழ்வெண் உள்ள ஒலி நம்மிடம் இருந்தால் மற்றும் நாம் வீச்சை இரண்டு மடங்கு ஆக்கினால் கடுமை நான்கு மடங்கு கூடுதலாக இருக்கும். நாம் வீச்சை மூன்று மடங்கு அதிகரித்தால் கடுமை ஒன்பது மடங்கு அதிகரிக்கும். ஒரே வீச்சு உள்ள ஒலிகள் இருந்தால் கடுமை நிகழ்வெண்ணின் இரண்டு மடங்கு (square of the intensity) என்ற விகிதத்தில் வேறுபடும்; மேலும் 200 Hz சுரமானது 100 Hz சுரத்தைக் காட்டிலும் பதினாறு மடங்கு கடுமை உடையதாய் இருக்கும். நாம் பேச்சில் எதிர்கொள்கிற (விளக்குகிற) எல்லா ஒலிகளும் கலவைத் தன்மையான ஒலிகள் எனவே அவற்றின் கடுமை எந்தக் கூறுகளின் வீச்சுடனோ நிகழ்வெண்ணுடனோ எளிய உறவு கொண்டிருக்காது. ஒலிக் கடுமையை அளப்பதற்கு மின்னணுக் கருவிகள் இருக்கின்றன. இரண்டு வேறுபட்ட ஒலிகளின் கடுமைகளை ஒப்பிடுவது விரும்பத்தக்கதாகும். இதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் அலகு 'டெசிபல்' என்பதாகும்.

2.9.2 டெசிபல்

டெசிபல் பற்றிய இரண்டு உண்மைகளைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும் இது இரண்டு அளவுகளுக்கு இடையே உள்ள உறவுகளை வெளிப்படுத்துகின்றது. அதாவது அவற்றின் விகிதத்தை வெளிப்படுத்துகின்றது. இது ஒரு லாகிரதமிக் அலகு (logarithmic unit); அதாவது இந்த விகிதம் ஒரு அளவு மற்றதை விட நான்கு மடங்கு இருக்கிறது என்று கூறி எளிதாக வெளிப்படுத்தாமல் இந்த விகிதம் லாகிரதமிக் விகிதத்தால் தரப்படுகின்றது.

ஒலிகளை டெசிபெலில் அளப்பதன் நோக்கம் என்னவென்றால் இது கடுமைகளை ஒப்பிடப்பயன்படுகிறது; விடையை விகிதத்தில் தருகின்றது. அடிப்படையில் நாம் முதல் ஒலியின் கடுமையை அளக்க வேண்டும். இதை 1_1 என்று குறிப்பிட வேண்டும். பின்னர் இரண்டாம் ஒலியின் கடுமையை அளக்க வேண்டும். அதை 1_2 என்று குறிப்பிட வேண்டும். கடுமையை ஏதாவது வசதியான அலகால் அளக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக வாட்டால் அளக்கலாம்; ஆனால் ஒலிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் சக்தி மிகக் குறைவானது. எனவே அது ஒலியின்

கடுமையை அளக்கப் பொருத்தமானதல்ல. எனவே லாகரிதமிக் இயல்புள்ள டெசிபெல் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. காதும் அதனுடன் தொடர்புள்ள நரம்பு நார்களின் ஒழுங்குமுறையும் ஒலி அலைகளில் காணப்படும் சக்தியின் மிகக்குறைந்த நிலைகளைக் கையாள வேண்டி வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. சராசரி காது கண்டுபிடிக்க இயலும் துல்லியமான ஒலியை 10^{-16} வாட்டுகளைப் (0.0000000000000001 வாட்டுகளைப்) பயன்படுத்தி உருவாக்கலாம். உயர்ந்த நிலை ஒலிச் சக்தி காதுக்கு வினியோகிக்கப்பட்டால் அது கேட்க இயலாத ஆனால் வலிதருகின்ற உணர்வை உருவாக்கும். இந்த நிலை ஏறக்குறைய 10^{-4} வாட்டுகளைப் (0.0001வாட்டுகளைப்) பயன்படுத்தி அடையப்படும்.

ஒலியியக்கவியல் செயல்பாட்டில் இந்த மிகப்பெரிய எண்களின் செல்வாக்கு டெசிபெல்லின் இரண்டாம் பண்புக்கூறின் அடிப்படைக் காரணமாகும்; அதாவது அதன் லாகிரதம்சார் இயல்பு. எந்த எண்ணையும் 10இன் மடங்கால் வெளிப்படுத்தலாம். 100 என்பது 10^2 ஆகும். 1000 என்பது 10^3 ஆகும். 1000000 என்பது 10^6 ஆகும். ஒவ்வொரு நேர்விலும் இப்படி வெளிப்படுத்திக் கொண்டே செல்லலாம். லாகிரதம் மடங்கின் தலைகீழ்ச் செயல்பாடாகும். ஒவ்வொரு நேர்விலும் அட்டவணை லாகிரத எண்ணுக்கு அடி 10 எனத் தருகின்றது. இதை நாம் லாகிரதமிக் வெளிப்பாடில் பின் வருமாறு கூறலாம்.

$$\text{Log}_{10} 100 = 2 \text{ அதாவது } \log 100 = 2.0$$

$$\text{Log}_{10} 1000 = 3 \text{ அதாவது } \log 1000 = 3.0$$

$$\text{Log}_{10} 1000000 = 6 \text{ அதாவது } \log 1000000 = 6.0$$

10இன் சரியான மடங்குகளாக இல்லாத எண்களின் லாகரிதங்களை லாகிரதம்-அட்டவணையில் பார்த்துத் தெரிந்து கொள்ளலாம். எடுத்துக்காட்டாக 10இன் மடங்காக வெளிப்படுத்தப்படுன் எண் $2 = 10^{0.3}$ மற்றும் $\log 2 = 0.3$ ஆகும்; இது போல $\log 4 = 0.6$, $\log 8 = 0.9$, $\log 20 = 1.3$. இந்த முறை ஆரம்பத்தில் ஒலி கடுமைகளின் விகிதத்தை வெளிப்படுத்த பயன்படுத்தியபோது ஏற்றுக்கொண்ட அலகு 10:1 என்ற ஒலிக்கடுமை விகிதத்தின் லாகரிதம் ஆகும். இந்த அலகு டெலிபோன் கண்டுபிடித்த அலக்சாண்டர் பெல் அவர்களின் நினைவாக பெல் (bel) என அழைக்கப்பட்டது. இந்த அலகு மிகப்பெரிய அலகாக இருந்ததன் காரணமாக பெல்லின் 1/10க்குச் சமமான டெசிபெல் (decibel) என்ற அலகால் இடம்பெயர்க்கப்பட்டது. இரு ஒலிகளின் கடுமையை ஒப்பிட வேண்டி $1/12$ என்ற விகிதத்தைக் காண இரண்டு ஒலிகளின் கடுமையை

அளக்க வேண்டும். இந்த இரு ஒலிகளின் வேறுபாடு பின்வரும் வாய்பாட்டிற்கு/பார்முலாவுக்குச் சமமாகும்.

$$10x \log 1_1/1_2 \text{ டெசிபெல் (decibel =dB)}$$

இந்த வாய்பாட்டைப்/பார்முலாவைப் பயன்படுத்தி ஒரு ஒலியிலிருந்து 100 மடங்கு கூடுதல் கடுமையான இரு ஒலிகளின் கடுமையை பின்வருமாறு ஒப்பிட்டுக் கணக்கிடலாம்.

$$1_1/1_2 = 100$$

$$\text{Log } 100=2.0$$

$$10x 2.0=20\text{dB}$$

டெசிபல் அளவை பயன்படுத்துவதில் வேறு ஒரு காரணமும் இருக்கின்றது. ஒலிகளைப்பற்றி ஆய்கையில் லாகரிதமிக் அலகுகள் ஒலிக்கடுமையின் அதிகரிப்பால் விளையும் ஒலி உரப்பின் (loudness) மாற்றத்திற்கு மிக அண்மைப்பட்டு நிற்கின்றன; அதாவது நிரந்தர அளவு உரப்பைக் கூட்டுவதற்கு வேண்டி ஒரு நிரந்தர காரணியைக் கொண்டு கடுமையை பெருக்கவேண்டும்; இது ஒரு தரப்பட்ட இசைமை இடைவேளையைச் சேர்ப்பதற்காக நாம் நிகழ்வெண்ணைப் பெருக்க வேண்டியதை ஒக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, நாம் கடுமைகள் 20 dB என்பதால் வேறுபடும் A, B என்ற ஒலிகளைக் கேட்டால், உரப்பான ஒலியான B-ன் கடுமை 100 மடங்கு Aஐ விட அதிகமாக இருக்கும்; இபோது நாம் B-யிலிருந்து அதே அளவு உரப்பான C என்ற ஒலியை உருவாக்க விரும்பினால் Bஐ விட 20 dB உயர்ந்த கடுமை உள்ள ஒன்று நமக்குத் தேவை; அதாவது Bஐ விட 100 மடங்கு கடுமையுள்ள அல்லது Aஐ விட 10000 மடங்கு அதிகம் கடுமை உள்ள ஒன்று தேவை. டெசிபலில் வேறுபாடுகளிலிருந்து இருந்து கடுமை விகிதத்தை அனுமானிக்கும் போது டெசிபல்களை சேர்த்தல்/கூட்டுதல் மற்றும் கடுமைகளைப் பெருக்குதல் இவற்றிற்கு இடையிலுள்ள உறவை கவனமாக மனதில் இருத்தவேண்டும்.

டெசிபெல் அளப்பதின் அலகாக மீட்டர், கிலோகிராம் போன்ற அளவை அலகுகளைப் போல் மிகவும் பயன்பாட்டில் இருக்கின்றது. நாம் ஒலி மூலத்திலிருந்து விலகிச்செய்கையில் ஒலியின் கடுமை குறைகிறது என்பதை நமக்கு காது சொல்லுகின்றது. காற்று வெளியிடத்தில் தட்டையான நிலப்பரப்பில் ஒலியின் கடுமை தூரத்தின் இரண்டு மடங்கு என்ற விகிதத்தில் குறைகின்றது. எனவே ஒலியின் கடுமை தரப்பட்டால் அது ஒலி மூலத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரம் என்பதும் தரப்பட வேண்டும்.

2.9.3 நிகழ்வெண் ஆய்வின் நுட்பம் (technique of frequency analysis)

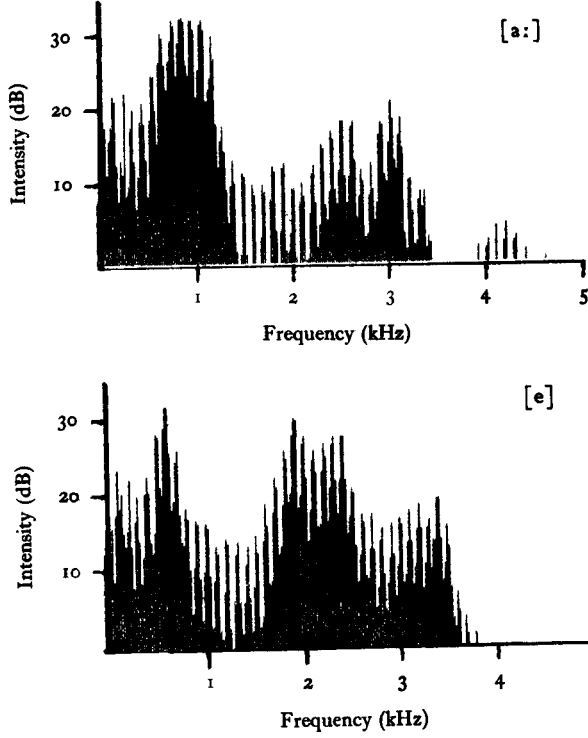
அடிப்படை (fundamental), மற்றும் ஒலியியைபு (harmonic) நிகழ்வெண்களால் (frequencies) மற்றும் கூறுகளின் ஒத்தறி வலுவால் (relative strength of components) வெளிப்படுத்தப்படும் கலவைச் சுரத்தின் தொகுப்பு (composition of complex tone) ஒலியின் ஒலிநிறமாலையாகக் (spectrum) குறிப்பிடப்படுகின்றது. பேச்சொலிகளின் மற்றும் ஒலியின் பிற பல வகைகளின் ஒலியியக்க இயல்பு மிகவும் பயனுள்ளதாகும். எனவே இதைப் பெறுவதற்கும் மற்றும் ஒலி ஒலிவர்ணனைப் படத்தை வரைவதற்கும் ஏதேனும் நுட்பம் தவிர்க்க இயலாததாகும். இது ஒலி ஒலி நிறமாலை வரைவியால் (sound spectrograph) தரப்படும்.

கருவியானது (instrument) ஒலி அலைகளை உள்வாங்கும்; அது உருவாக்கப்பட்ட பல நிகழ்வெண்களை கண்டுபிடிக்கும்; அவற்றின் ஒத்தறி கடுமைகளை (relative inatrument) கணக்கிடும்; மேலும் விளைவுகளைக் காட்சி வடிவில் மாற்றும். ஒலிநிறமாலைவரைவியில் (spectrograph) முதல் நிலை ஒலி அலைகள் அதன் பேச்சுவாங்கியால் (microphone) ஏற்கப்படும். நுண்பேச்சுவாங்கி காற்றுத் துகள்களின் இயக்கத்தை மின் வேறுபாடுகளாக (electrical variations) மாற்றும். இந்த வேறுபாடுகள் பொருத்தமாக அதிகரிக்கப்படும். இந்த இடத்தில் ஒழுங்குமுறைக்கான உள்ளீடு கலவை அலையின் வடிவிலேயே இருக்கும். ஒலிவர்ணனை வரைப்படக்கருவியின் முக்கியத்துவம் இந்த அலையை அதன் கூறு நிகழ்வெண்களாகச் (component frequencies) செய்யும் செயல்பாடாகும். இது மின்னணு இறுப்பான்களின் பயன்பாட்டால் விளைவிக்கப்படுகின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் பார்த்தால் இறுப்பான் (filter) என்பது உண்மையிலேயே ஒலியூக்கம் ஆகும்; ஒலியூக்கம் பற்றி எண்ணும் போது நாம் ஒலியூக்கியால் (resonator) ஊக்கப்படுத்தப்படும் நிகழ்வெண்களிடம் கவனத்தைச் செலுத்துவோம்; ஆனால் வடிகட்டியில் விட்டுத்தள்ளப்பட்ட நிகழ்வெண்களிடம் கவனத்தைத் திருப்புவோம்; ஆனாலும் இரண்டிலும் செயற்பாங்குகள் ஒன்றுதான்; மின்னணு வடிகட்டிகள் உண்மையிலேயே ஒலியூக்கச் சுற்றுக்களாகும் (resonant circuits). மின்னணுக் கூறுகளின் (electronic components) பொருத்தமான வரிசை அமைப்பு (arrangement) ஒரு சுற்றை உருவாக்கும். இந்தச் சுற்று சக்தியின் மிகச்சிறிய சேதத்துடன் ஒரு குறிப்பிட்ட பட்டைக்குள் (band) நிகழ்வெண்களை அனுமதிக்கும் அல்லது கடத்தும்; ஆனால் இந்தப் பட்டையின் (band) இரு பக்கத்திலும் உள்ள எந்த நிகழ்வெண்ணின் சக்தியையும் மிகக் கூடுதலாகக் குறைக்கும். இவ்வகையிலான வடிகட்டிகள்

பட்டைக்கடத்தி (band pass) வடிகட்டி என்று அழைக்கப்படும். இதன் செயல்திறன் (performance) சக்தியின் மிகக் குறைவான இழப்புடன் ஒரு ஒலிக்குறி கடத்தப்படும் அதிர்வெண் எல்லைகளைத் தருவதால் குறிப்பிட்டுக் கூறப்படுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு இறுப்பான் 135Hz இலிருந்து 180 Hz வரை நிகழ்வெண்களைக் கடத்தும் மற்றும் இந்த மதிப்புகளின் இரு வசங்களிலும் உள்ள பட்டை அகலம் (band width) எனப்படும். வடிகட்டிகளை அவற்றின் கடக்கும் பட்டைகள் (bandpass) விழும் கலவைச் சுரத்தில் இருக்கும் சக்தியின் அளவைப் பதிவு செய்கின்றது. ஒவ்வொரு இறுப்பானும் இந்த சக்தி நிலையை அளந்து பின்னர் பதிவு செய்யும் மின்னணுச்சுற்றால் தொடரப்படுகின்றது. 45hz பட்டை அகலம் (band width) உள்ள இறுப்பான்களின் எல்லையை நாம் கற்பனை செய்யவும். நாம் நுண் ஒலிவாங்கிக்குள் (microphone) 100 Hz அடிப்படை நிகழ்வெண் மேல் உயிரொலி [a:]ஐச் செலுத்துகிறோம். இந்த ஒலி இந்த நிகழ்வெண்ணுக்குக் கீழே எந்த சக்தியையும் கொண்டிருக்கவில்லை; எனவே பட்டை 0-45hz மற்றும் 49-90 Hz பட்டையை உள்ளடக்கும். முதல் இரண்டு இறுப்பான்கள் எந்த சக்தியையும் கண்டுபிடிக்காது மற்றும் வெளியீட்டைப் பதிவு செய்யாது. 90-135 Hz கடத்துப்பட்டை (pass band) உள்ள மூன்றாவது வடிகட்டி அடிப்படையின் கடுமையை (intensity of the fundamental) பதிவு செய்யும். ஒலியில் உள்ள அடுத்த ஒலியியைபு 200hz இல் இருக்கின்றது. இந்தக் கூறின் கடுமை பட்டை 180-225hz உள்ள ஐந்தாவது இறுப்பானால் பதிவு செய்யப்படும். அமைப்புக்கும் இரண்டாவது ஒலியியைபுக்கும் இடையில் விழும் கடத்துப்பட்டை உள்ள நாலாவது இறுப்பான் சக்தியைக் கடத்துவதில்லை. இவ்வாறு நிகழ்வெண் எல்லையின் முழுவதும் எங்கெல்லாம் உயிரொலியின் ஒரு ஒலியியைபு ஒரு இறுப்பானின் கடத்துப்பட்டைக்குள் விழுகிறதோ அந்த வடிகட்டிக்கு ஒலியியைபின் கடுமையிடன் விகிதத் தொடர்புள்ள வெளியீட்டைக் கொண்டிருக்கும். கடுமையின் மிகக் கூடுதலான நிலைகள் ஒலிவர்ணனைப் படத்தில் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வு எண்களின் (formant frequencies) இடங்களில் தோன்றும் என்பது நமக்குத் தெரியும். [a:]க்கு F1 உம், F2உம் 680 Hz க்கும் 1100hzக்கும் அண்மைப்பட்டு வரும் என்பதும் தெரியும். நமது அடிப்படை அதிர்வு எண் 100 Hz ஆக இருப்பதால் F1இன் ஒலிவர்ணனை உச்சம் 700 hzஇல் தோன்றலாம். அதாவது இறுப்பான் 16இன் கடத்துப் பட்டையில் (pass band) தோன்றும். F2 இறுப்பான் எண் 25இல் 1100 hzஇல் இருக்கும். F3 வடிகட்டிகள் 50க்கும் 55க்கும் இடையில் தெரியும்.

பேச்சுக் செயலுக்கு (speech work) பயன்படுத்தப்படும் மிகப்பொதுவான ஒலிநிறமாலைவரைவி 45 Hz வடிகட்டி பட்டை வீதியை (filter band width) பயன்படுத்துகின்றது. வடிகட்டிகளின் தொகுதியைப் பயன்படுத்துவதற்குப் பதிலாக அடுத்தடுத்த நிகழ்வெண் பட்டைகளைக் காணத்தக்க விதத்தில் ஒரு தனியான இறுப்பானைத் தொடர்ந்து திரும்பப்பண்ணுவதற்கு (retune) வசதி (arrangement) இருக்கின்றது. ஒலியில் உள்ள பல கூறுகளின் கடுமை உறவுகள் டெசிபெல் வேறுபாடுகளாக அளக்கப்படுகின்றது. இறுப்பான்கள் பதிவு செய்கின்ற கூடுதல் வேறுபாடு 30 dBஆகும். ஒலிவரணனையில் (spectrum) 30 dBக்கு கூடுதல் கடுமை உள்ள எந்த ஒலியையும் பூஜிய கடுமை இருப்பதாகப் பதிவு செய்யப்படும். ஒலிவரணனை வரைவியை (spectrograph) பயன்படுத்துகையில் கூடுதலாகப் பல ஒலியளவுக் கட்டுப்பாடுகளை (volume controls) அமைக்கக்கூடாது. ஏனென்றால் இது ஒழுங்குமுறையைக் கூடுதல் பாரமேற்றி ஒலிநிறமாலையில் (spectrum) மாற்றங்களை உருவாக்கும். படம் 35 ஒரு ஒலி ஸ்பெக்ட்ரோகிராப்பால் வரையப்பட்ட இரண்டு ஒலிவரணனைப் படங்களைக் காட்டுகின்றது. ஒன்று உயிரொலி [a]-க்கும் மற்றொன்று உயிரொலி [e]-க்கு ஆகும்; இரண்டும் 100 Hz அடிப்படை நிகழ்வெண் மேல் அமைந்திருக்கிறது. இந்த இரண்டிலும் ஒலியியைபுகள் ஒரே இறுப்பான்களால் பதிவு செய்யப்பட்டிருப்பதைப் பார்க்கலாம்; ஆனால் [a]க்கும் [e]க்கும் இடையே உள்ள ஒலிச்செறிவு அமைப்பு மாற்றத்தால் (change of formant structure) ஒத்தறி கடுமைகள் வேறுப்பட்டவை.

படம் 35: [a], [e] என்பனவற்றின் குறுகலான பட்டைப் பாகங்களின் ஒலி நிறமாலைவரைவுகள் (Fry 1979: 97)



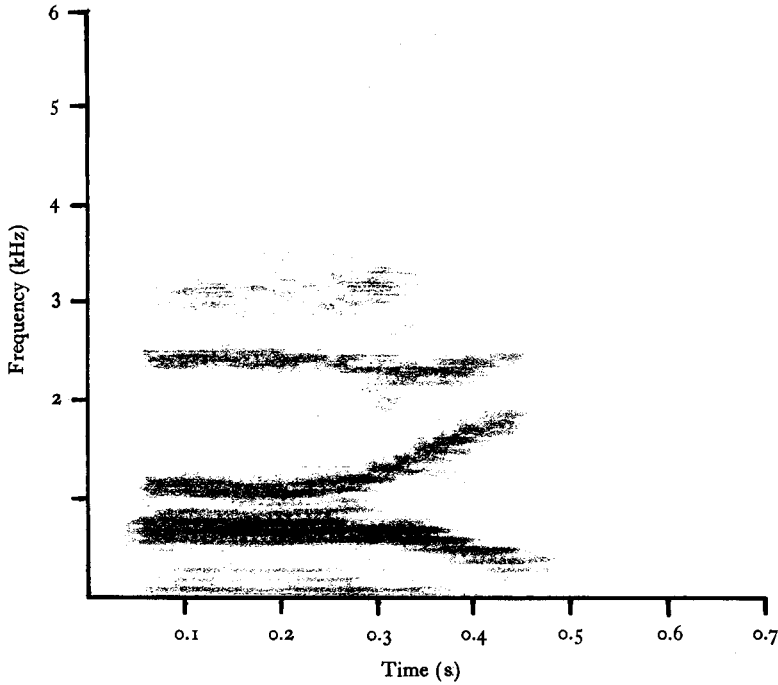
இந்த மாதிரியான காட்சி ஒழுங்கமைப்புகள் (visible pattern) ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் பேசுபவரின் வாயிலிருந்து வரும் ஒலிகளைப் பற்றிய முக்கியமான செய்தியைத் தருகின்றது. அவை ஒலியின் நிகழ்வெண் ஆய்வைத் தருகின்றது. படுக்கை அச்சில் நிகழ்வெண் அளவு அளக்கப்படுகின்றது. செங்குத்து அச்சில் கூறுகளின் ஒத்தறி கடுமை டெசிபெல்லில் காட்டப்பட்டுள்ளது. படுக்கை அச்சில் அடுத்தடுத்த ஒலியியைபுகளுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை அளந்து காலநீட்சி மாறாத ஒலியின் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணை அடையலாம். ஏனென்றால் இது ஒலியியைபுத் தொடர்ச்சியில் ஒரு ஒலியியைபுக்கும் அடுத்த ஒலியியைபுக்கும் இடையே உள்ள நிகழ்வெண் வேறுபாட்டிற்குச் சமமானது. எந்த நிகழ்வெண் கூறுக்கும் மற்றொன்றிற்கும் இடையே உள்ள கடுமை வேறுபாடுகளைச் செங்குத்து ஸ்கேலில் படிக்கலாம்.

பேசுபவாடிமிருந்தான ஒலியியக்க வெளியீடு பேச்சுக்குழலின் பண்புகளால் மாற்றப்பட்ட தொண்டையால் உருவாக்கப்பட்ட காலநீட்சி மாறாத சுரத்தை உருப்படுத்தம் செய்கின்றது. படம் 35இன் அமைப்பொழுங்கில் தோன்றுவது போல் ஒலிவர்ணனைப்படத்தில் ஒலிச்செறிவுகள்

கடுமையின் உச்சங்களைத் தருகின்றது. ஆனால் நமக்குத் தெரியும் பேச்சுக்குழலின் ஒலியூக்கங்கள் நா மற்றும் பிற ஒலிப்பாண்களின் தொடர்ச்சியான இயக்கத்தால் பேச்சில் எல்லா நேரத்திலும் மாறிக்கொண்டிருக்கும். இதன் விளைவாகப் படத்திலுள்ள வெளிப்பாடுகள் உயிர் ஒலியின் உருவாக்கக் காலத்தில் ஒரு குறுகிய காலத்தில் உள்ள சுழலைத் தான் காட்டுகின்றது. இது ஒரு இயங்குகிற படக்காட்சியில் ஒரு நிலைநிறுத்தப்பட்ட படத்துடன் பொருந்தும். இதன் காரணமாக இம்மாதிரியான அமைப்புமுறை ஒலிவர்ணனை வரைபடம் கலைச்சொல் அடிப்படையில் ஒரு பகுதி (a section) என்று அழைக்கப்படும். பேச்சுத்தொடர்ச்சியின் நடைமுறையின்போது உருவாகிற ஒலியியக்கவியல் வேறுபாடுகள் பற்றிய கருத்தைப் பெற காலம் கடக்கும் போது ஒலிநிறமாலையில் ஏற்படக்கூடிய மாற்றங்களை நாம் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். இதை நாம் நிறமலை வரைவியை ஒரு முப்பரிமாண நிறமாலையை (three dimensional spectrogram) உருவாக்கும் மற்றொரு பாங்கில் பயன்படுத்திச் செய்யலாம்.

இதைப் புரிந்துகொள்ள நாம் /ai/ என்ற எளிய தொடர்ச்சியான அசையை ஆய்வோம். இந்த வெளிப்பாட்டின் தொடக்கத்தில் [a:] வகை உயிரொலிக்கு ஏற்றவாறு பேச்சுக்குழல் அமையும். எனவே இந்த ஒலிக்கான ஒலிச்செறிவுகளையும் (formants) ஒலிநிறமலைவரைவையும் கொண்டிருக்கும். நேரம் கடந்து செல்லும்போது [i]ன் ஒலிநிறமலைவரைவில் ஒலிச்செறிவு 1உம் 2உம் [a:]ஐ விடக் கூடுதல் நிகழ்வெண் இடைவேளையால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். மூன்று பரிமாணப் பாங்கில் (three dimensional node) வேலை செய்யும் ஒலிநிறமலை வரைவி இந்த மாற்றங்களைத் தெரிந்துகொள்ள உதவுவதுடன் படம் 36இல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பொழுங்கையும் உருவாக்குகின்றது.

படம்36: [ai] என்பதன் குறுகிய பட்டை ஒலி நிறமாலைவரைவு (Fry 1979: 99)



இங்கே நிகழ்வு எண் அளவு படுக்கை அச்சிற்குப் பதிலாக செங்குத்து அச்சிற்கு மாற்றப்பட்டுள்ளது. குறைந்த நிகழ்வு எண்கள் செங்குத்து அளவின் அடியிலும் உயர்ந்த நிகழ்வு எண்கள் செங்குத்து அளவின் மேலேயும் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ளன. படுக்கை அச்சு காலத்தை அளப்பதற்குப் பயன்படுகின்றது. இது செகண்டின் 1/10 அல்லது 100 மில்லிசெகண்ட் இடைவெளியில் அடையாளப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கடுமையின் அளவு என்ன ஆயிற்று என்ற வினா எழலாம். நிகழ்வெண் கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள டெசிபெல் வேறுபாடுகளை நாம் அறிய இயலாது; ஆனால் கடுமை வேறுபாடுகள் அமைப்பொழுங்கில் உள்ள வரைச் சுவடுகளின் (trace) கடுமையின் அளவால் காட்டப்படுகின்றது. இந்த அமைப்பொழுங்கின் பின்னணியில் (back ground) இலேசான சாம்பல் நிறம் எங்கெல்லாம் இந்த சுரம் தோன்றுகின்றதோ அது பூஜிய ஒலிக் கடுமையைக் காட்டும். எங்கே வரைச் சுவடுகள் (trace) கடுமையாக இருக்கின்றதோ அது கூடுதல் கடுமையைக் காட்டும். நாம் காணும் முதல் பண்புக் கூறு படுக்கைக் கோடுகளின் கோர்வையுடன் கூடிய அமைப்புமுறைக்குக் குறுக்காக ஓடும் அகலமான கடுமையான பல பட்டைகள். ஒவ்வொரு கோடும் கால நீட்சி மாறாத ஒலியின் அடுத்தடுத்த ஒலியியைபில் இருக்கிற சக்தியை உருப்படுத்தம் செய்கின்றது. இந்த உபாயத்தின் (device) இறுப்பு பட்டை அகலம் (filter

band width) 45hz ஆகும். எனவே இது ஒவ்வொரு ஒலியியைபையும் தனியாகக் கண்டுபிடிக்கின்றது மற்றும் ஒலியியைபுகளுக்கு இடையில் பூஜிய கடுமை இருக்கிறது என்பதைப் பதிவு செய்கின்றது. அகலமான வரைகள் (bars) உயர்ந்த கடுமையான ஒலியியைபுகளால் உருவாக்கப்பட்டது. அவைகள் ஒலிச்செறிவின் விளைவைக் காட்டுகின்றன. நிகழ்வெண் அளவையின் கீழ் இறுதியில் தொடங்கி முதல் அகலவரை F1இன் இருப்பையும் இரண்டாம் அகலவரை F2இன் இருப்பையும் குறிப்பிடுகின்றது. அசையின் (syllable) முதல் பகுதியில் நாம் [a:] வகை உயிரில் எதிர்பார்ப்பது போல் F1உம் F2உம் நிகழ்வெண் அளவையில் (frequency scale) அண்மைப்பட்டிருக்கின்றது. இரு அகல வரைகளின் நடுப்புள்ளியின் நிகழ்வெண் அளவையில் நாம் இருப்பிடத்தைக் கணித்தால் நாம் F1ஐ கிட்டத்தட்ட 730 Hzஇலும் F2ஐ கிட்டத்தட்ட 1100 Hzஇலும் காணலாம். ஈருயிரின் (diphthong) இரண்டாவது அலகு ஒலிப்பின் மாற்றம் மிக மெதுவாக நடக்கின்றது. மேலும் அசையின் இறுதியில் F1உம் F2உம் நிகழ்வெண்ணில் நன்றாகப் பரிக்கப்படுகின்றது. இவற்றின் மதிப்பு F1க்கு கிட்டத்தட்ட 440 Hzஐயும் F2 க்கு கிட்டத்தட்ட 1760 Hzஐயும் அடைகின்றது. F3இன் நிகழ்வெண் ஒத்தறி அடிப்படையில் அசை முழுவதும் 2400 Hz கிட்டத்தட்ட நிலையாக இருக்கின்றது. F1இன் காரணமான அகல வரை நான்கு ஒலியியைபு அகலமாகும். F2இன் காரணமான அகல வரை மூன்று ஒலியியைபு அகலமாகும். F3இன் அகல வரை மிகக்குறுகலானது மற்றும் பொதுவாகக் குறைந்த கடுமையைக் காட்டுகின்றது.

கால அளவுகோலிலிருந்து முழு அசையும் 500 மில்லி செகண்டிற்குச் சிறிது கூடுதலாக எடுத்திருப்பதை அறியலாம். [a:] ஒலிச்செறிவு வடிவு இந்த நேரத்தின் பாதிக்கு மேல் எடுக்கின்றது. இரண்டாவது அலகிற்கான மாற்றம் இந்த அசையின் மீதி நேரத்தில் நடக்கிறது. [i]-இன் ஒலிச்செறிவு வடிவு இறுதி 100 மில்லி செகண்டை எடுத்திருக்கின்றது.

இந்த எடுத்துக்காட்டு பேச்சு ஒலியின் ஆய்வுக்கு ஒலி நிறமாலைவரைவின் கூடுதல் பயன்பாட்டைக் காட்டுகின்றது. அமைப்பொழுங்கைப் பார்த்து ஒருவர் ஒரு வெளிப்பாட்டின் பல தகவல்களை அறியலாம். மேலும் காலம் மற்றும் நிகழ்வெண்ணின் அளவுகளை அறியலாம்.

2.9.4. குறுகிய மற்றும் அகன்ற பட்டை ஒலிநிறமாலை வரைவு (Narrow and wide band spectrogram)

எந்தப் பேச்சுத் தொடர்ச்சியின் நடைமுறையிலும் தொண்டையால் உற்பத்திசெய்யப்படும் அடிப்படை நிகழ்வெண் தொடர்ச்சியாக வேறுபடுகின்றது; எனவே ஒலியியைபு நிகழ்வெண்ணின்

தொடர்ச்சியும் வேறுபடுகின்றது. இதன் காரணமாக பேச்சு அறிதலில் ஒலிச் செறிவுகள் (formants) முக்கியமான பங்கு வகிக்கின்றது, ஏனென்றால் அவை அடிப்படை நிகழ்வெண்ணின் ஒத்தறி சுதந்திரமாய் இருக்கிற ஒலிவர்ணனைப் படத்தில் சக்தியின் உச்சங்களைத் தருகின்றது. பேச்சின் ஒலியியக்க ஆய்வில் தொண்டைச் சுரத்தின் ஒலியியைபில் என்ன நடக்கின்றது என்பதைக் குறித்து அறிவதில் அவ்வளவு ஆர்வம் காட்டவில்லை; பேச்சுக் குழாயின் ஒலிச்செறிவில் என்ன நடக்கிறது என்பதை அறிவதில் கூடுதல் ஆர்வம் காட்டுகின்றது. எனவே தனியான ஒலியியைபுகளைப் (individual harmonics) பதிவு செய்யும் ஒலி நிறமாலைவரைவு அல்லது நிகழ்வெண் ஆய்வு எப்பொழுதும் பின் பற்றுவதற்கான மிகப்பயனுள்ள செய்முறை அல்ல. வேறு ஒரு நுட்பத்தின் இயல்பைப் புரிந்து கொள்ள நாம் ஒலியூக்க ஒழுங்குமுறைகளைப் பற்றிய அடிப்படை உண்மைகளுக்குத் திரும்ப வேண்டும்.

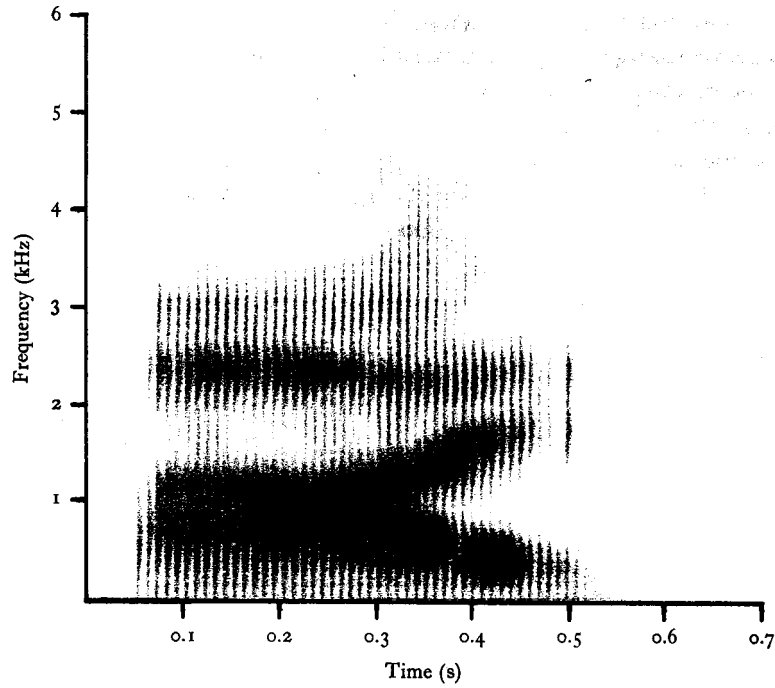
ஒலிவர்ணனை ஆய்வு இறுப்பான்களின் பயன்பாட்டைச் சார்ந்து; இறுப்பான்கள் ஒலியூக்க ஒழுங்குமுறையின் எடுத்துக்காட்டுகளாகும். அம்மாதிரியான ஒழுங்குமுறைகள் கூர்மையாக ஒத்தசைவு செய்யப்படலாம், சிறிது சோர்வு (damping) இருக்கலாம், அல்லது கூடுதல் சோர்வாக்கப்படலாம் (highly damped) மற்றும் அவ்வளவு கூர்மையான ஒத்திசைவு செய்யப்படாதிருக்கலாம். ஒத்திசைவு செய்வதன் (tuning) கூர்மையை வெளிப்படுத்துவதன் மற்றொரு வழி ஒழுங்குமுறையின் பட்டையின் அகலத்தைக் குறிப்பிடுவதால் செய்யப்படும்; ஏனென்றால் கூர்மையாக ஒத்திசைவு செய்யப்பட்ட ஒலியூக்கி நிகழ்வெண்களின் குறுகிய பட்டையால் மட்டுமே இயக்கப்படும்; இது இந்த குறுகிய பட்டைக்கு வெளியே உள்ள நிகழ்வெண்ணுக்கு பதிலளிக்காது. மாறாக கூர்மையாக ஒத்திசைவு செய்யப்படாத ஒலியூக்கி நிகழ்வெண்களின் கூடுதல் அகலமான பட்டைக்குத்தான் (broad band) அல்லது ஒலியலைக் கட்டிற்குத்தான் செயல்படும். இறுப்பான் ஒரு ஒலியூக்கியாகும். மேலும் அதற்குக் குறுகலான பட்டை அகலம் (narrow band width) இருந்தால் அது கூர்மையாக ஒத்திசைவு செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்தச் சூழலில் 45 Hz பட்டை அகலம் உள்ள இறுப்பான் குறுகலான பட்டை அகலம் கொண்டிருப்பதாகக் கருதப்படும். எனவே கூர்மையாக ஒத்திசைவு செய்யப்பட்டதாய்க் கொள்ளப்படும். கூர்மையாக ஒத்திசைவு செய்யப்பட்ட ஒழுங்கு முறையின் மற்றொரு பண்பு அது தூண்டப்பட்டால் ஒத்தறிவு அடிப்படையில் நீண்ட நேரம் ஒலித்துக் கொண்டே இருக்கும். ஏனென்றால் அதற்குக் குறைவான சோர்வுதான் (damping) இருக்கும். இந்த இயல்பு கொண்ட இறுப்பான் ஒலிகளைப் பதிவு செய்யப் பயன்படுத்தப்படுவதாயும் இந்த நிகழ்வெண்களின் பட்டைக்குட்பட்டிருக்கிற உள்ளீடு வந்து சேர்வதாகவும் எடுத்துக் கொள்வோம்.

அது இந்த உள்ளீட்டின் வந்து சேர்தலை கண்டுபிடிக்கும்; ஆனால் சோர்வு குறைவதால் (lack of damping) அது தொடர்ந்து ஒலிக்கும் (ringing). இந்த நேரத்தில் இரண்டாவது ஒலிக்குறிப்பு வந்து சேர்ந்தால் இறுப்பான் இன்னும் முதலாவதற்குச் செயல்பட்டுக் கொண்டிருப்பதால் அது கண்டுபிடிக்கப்படாமல் போகும் அல்லது அதன் விளைவை முதல் உள்ளீட்டிற்கு கூட்டும் (சேர்க்கும்) மற்றும் இரண்டாவது வேறுபடுத்தப்படுவதில்லை (distinguished). இதை கூடுதல் சோர்வுபடுத்தப்பட்ட ஒழுங்கு முறை அல்லது இறுப்பானின் நடத்தையுடன் ஒப்பிடவும். வந்துசேரும் எந்த உள்ளீடும் கண்டுபிடிக்கப்படும்; இதன் விளைவு சீக்கிரத்தில் தீர்ந்துவிடும்; எனவே சிறிது நேரம் பின்னால் வந்து சேர்கின்ற இரண்டாவது உள்ளீடு முதலிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டுக் கண்டுபிடிக்கப்படும். இதற்கு நாம் தரவேண்டிய விலை என்னவென்றால் இரண்டாவது இறுப்பான் அகலமான பட்டை அகலத்தைக் கொண்டிருக்கும்; மேலும் நிகழ்வெண்ணில் அண்மைப்பட்டிருக்கிற இரண்டு உள்ளீட்டையும் வேறுபடுத்துவதற்கு இயலாது இருக்கும். இவ்வாறு காலத்தால் அண்மைப்பட்டு இருக்கிற ஒலிக்குறியீடுகளை (signals) கண்டுபிடிக்கவும் வேறுபடுத்தவும் உள்ள திறனுக்கு நிகழ்வெண்ணால் அண்மைப்பட்டு இறுக்கிற ஒலிக்குறியீடுகளைக் கண்டுபிடிக்கவும் வேறுபடுத்தவும் உள்ள திறனுக்கும் உறவு இருக்கின்றது. முதலில் நல்லதாய் இருந்தால் இரண்டாவதில் மோசமாக இருக்கும்; எனவே இது உருவாக்கப்பட்ட அளவுகளின் நோக்கங்களின் படி நிகழ்வெண் தீர்மானத்திற்காகக் காலத் தீர்மானத்தை விலை பேசுவது போல் ஆகும். கிட்டத்தட்ட இந்த இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று மறுதலை விகிதத் தொடர்புடையவை (inversely propositional). இதுவரை நாம் ஒலிநிறமாலைவரைவு 45 Hz பட்டை அகலம் உள்ள குறுகலான பட்டை இறுப்பானைப் பயன்படுத்துகிற கட்டுப்பாட்டைக் குறிப்பிட்டோம். இதன் பொருள் என்னவென்றால் அதன் காலத் தீர்மானம் 20 மி.செ. நிரக்கில் ஆகும். இரண்டு நிகழ்வுகள் இதைவிடக் குறுகிய காலத்தில் ஒன்றை ஒன்று தொடர்ந்தால் அவற்றின் விளைவுகள் சேர்க்கப்படும்; வேறுபடுத்தப்படுவதில்லை. பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற ஒலிவர்ணனைப் படக் கருவிகளுக்கு 300 Hz பட்டை அகலம் கொண்ட ஆய்வு இறுப்பான் இருக்கிற வேறு ஒரு அமைப்பு இருக்கிறது. இதன் பொருள் என்னவென்றால் 300 Hz பட்டை அகலத்திற்குள் வருகிற எல்லா கூறுகளும் சேர்த்துக் கூட்டப்படும்; ஆனால் மாறாகக் காலத் தீர்மானம் 3 மில்லி செகண்டிற்கு அண்மைப்படும்.

நிகழ்வெண் மற்றும் கால ஆய்வின் ஒன்றுக்கொன்றான சார்பு பின்வருமாறு உருவகத்தால் வெளியிடப்பட்டால் எளிதில் புரிந்துகொள்ளப்படலாம்: ஒலிவர்ணனைப் படக் கருவி முழு ஒலி

உள்ளீட்டையும் எடுக்கின்றது; அதன் வேலை வேறுப்பட்ட நேரங்களில் எவ்வளவு ஒலி கடுமை இருக்கிறது என்பதைத் தெரிவிக்கும். எனவே இறுப்பான் ஒழுங்குமுறை ஒலியை நிகழ்வெண் கூறுகளாகவும் நேரக்கூறுகளாகவும் கூறிட வேண்டும். இறுப்பான்களின் இயல்பு காரணமாக மெல்லிய நிகழ்வெண் கூறுகளை வெட்டுவதால் இதைச் செய்யலாம்; ஆனால் அப்படி என்றால் நாம் கரடு முரடான காலக் கூறுகளை ஏற்க வேண்டும் (45 Hz நிகழ்வெண் கூறு என்பது 20 மி.செ. காலக் கூறு) அல்லது நாம் மெல்லிய காலக் கூறுகளைக் கொண்டிருப்பதற்காகக் கரடு முரடான நிகழ்வெண் கூறுகளை தேர்ந்தெடுக்கலாம். 20 மி.செ. கால இடைவேளை மிகக் குறுகிய காலமாகத் தோன்றலாம்; ஆனால் உண்மையில் பேச்சில் சில ஒலியியக்க நிகழ்வுகள் வெகுவிரைவில் நிகழும். மேலும் இதைவிடக் காலத்தீர்மானம் நன்றாக இருந்தால் ஒழிய போதுமான அளவு பதிவு செய்யப்படாது. எடுத்துக்காட்டாகப் பேசுபவர்களில் ஆண்களின் சராசரி தொண்டை நிகழ்வெண் 120 Hz ஆகும். இந்த நிகழ்வெண்ணில் குரல்வளை மடல்களின் ஒரு திறப்புக்கு அடைப்புக்கும் எடுக்கும் காலம் 8 மி.செ.க்குச் சிறிது கூடுதலாகும். நாம் அடுத்தடுத்த திறப்புகளுடனும் மற்றும் அடைப்புகளுடனும் தொடர்புடைய விளைவையும் பார்க்கத் தேவை என்றால் நமக்கு 20 மில்லி செகண்டிற்குப் பதிலாக 3 மில்லி செகண்டுக்கு அண்மைப்படுகிற காலக் கூறுகள் வேண்டும்.

படம் 37: [ai] என்பதன் ஒலிநிறமாலை வரைவு(Fry 1979: 102)



45 Hz பட்டை அகலத்தில் இருந்து 300 Hz பட்டை அகலத்திற்கு மாறுவதின் சில விளைவுகளைப் படம் 37-ஐ படம் 36-உடன் ஒப்பிட்டு அறியலாம். இந்த ஆய்வு படம் 36இல் உள்ளது போல் அதே வெளிப்பாட்டின் ஆய்வாகும். ஆனால் அகலப்பட்டை இறுப்பானால் செய்யப்பட்டது. அமைப்பொழுங்கின் பொதுவான பண்புகள் கூறுகள் இரண்டிலும் ஒன்றுதான். இருப்பினும் பல முக்கிய வேறுபாடுகள் இருக்கின்றன. முதல் வேறுபாடு குறுகலான பட்டை ஒலிவரணனைப் படம் அடிப்படையில் படுக்கைக் கோடுகளால் ஆனது. ஆனால் அகலப் பட்டை ஒலி நிறமாலைவரைவு செங்குத்துக் கோடுகளால் ஆனது. இது தான் நிகழ்வெண் மற்றும் காலத் தீர்மானத்தில் உள்ள வேறுபாடுகளின் காட்சி பூர்வமான சுட்டிக்காட்டலாகும். குறுகலான பட்டை ஒலிவரணனையில் படுக்கைக் கோடுகள் நிகழ்வெண் அளவுகோலில் கூறுகளாகும் (slices); 45 Hz இறுப்பான் பட்டை அகலத்துடன் ஆய்வி ஒவ்வொரு அடுத்தடுத்த ஒலியியைபுகளைப் பார்க்கின்றது மற்றும் ஒரு ஒலியியைபுக்கும் அடுத்த ஒலியியைபுக்கும் இடையிலான கட்டுமை குறைவை பதிவு செய்கின்றது. இந்த விளைவு அகலப்பட்டையில் இல்லை; காரணம் என்னவென்றால் 300 Hz இறுப்பான் பட்டை அகலத்துடன் பல ஒலியியைபுகளிலிருந்து தான் சக்தி ஒரு தனிப்பட்டடைக்குள் விழும். இந்த வெளிப்பாட்டின் போது அடிப்படை நிகழ்வெண்

கிட்டத்தட்ட 110 Hz ஆகும்; இதன் காரணமாக ஆய்வியால் பார்க்கப்படும் ஒவ்வொரு பட்டையிலும் குறைந்தது இரண்டு ஒலியியைபின் கடுமை ஒன்று சேர்க்கப்படும். இதன் ஒரு விளைவு என்னவென்றால் ஒலிச்செறிவு வீதிவரைகள் (bars) படம் 36ஐ விட 37இல் அகலமாகவும் கறுப்பாகவும் தோன்றும். ஆனால் அகலப்பட்டை இறுப்பானுக்குக் கூடுதல் காலத் தீர்மானம் இருக்கிறது; மேலும் ஒவ்வொன்றை அடுத்து வரும் நிகழ்வுகளை 3 மில்லி செகண்டிற்கு கூடுதலான இடைவேளையுடன் பார்க்கலாம். 110 Hz அடிப்படை நிகழ்வெண்ணுடன் குரல்வளை மடல்களின் திறப்பும் அடைப்பும் 9 மிசெ எடுக்கின்றது. ஒவ்வொரு தடவை குரல்வளை மடல்கள் திறக்கும் போதும் சிறிய ஒலியியக்க சக்தியின் வெடிப்பு இருக்கின்றது. மடல்கள் மூடும் போது சக்தி குறைகின்றது. அகலப்பட்டை இறுப்பான் இந்த ஒவ்வொரு அடுத்தடுத்த நிகழ்வுகளையும் கண்டுபிடிக்கின்றது; இதன் காரணமாக கால அச்சுடன் செங்குத்துக் கூறுகள் தெரிகின்றது.

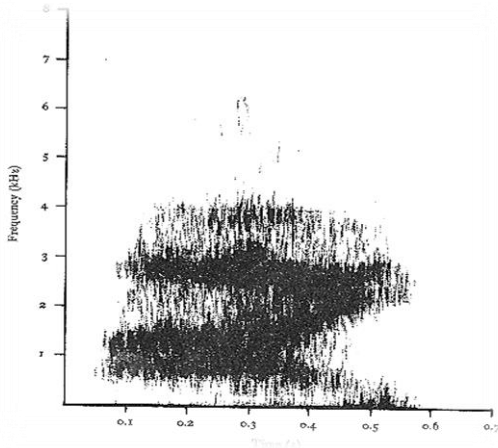
பேச்சின் ஒலியியக்க ஆய்வில் அகலப்பட்டை ஆய்வு குறுகிய பட்டை ஆய்வை விடக் கூடுதல் பயனுள்ளது என்று கண்டுகொள்ளப்பட்டது.

2.9.5. இரைச்சலின் ஒலிநிறமாலைவரைவு ஆய்வு (spectrographic analysis of noise)

படம் 36 மற்றும் 37களின் நிறமாலைவரைவுகளைத் தரும்படி ஆயப்பட்ட கூற்று முழுவதும் குரலொலிகளால் ஆனது. அதாவது ஆரம்பத்திலிருந்து இறுதிவரை காலநீட்சி மாறாத ஒலியால் ஆனது. எனவே குறுகிய பட்டை அமைப்பொழுங்கு (narrow-band patten) வேறுபட்ட ஒலியியைபுகளைக் (discrete harmonics) காட்டும்; அகலப்பட்டை அமைப்பொழுங்கு (borad-band patten) அசையின் முழுக் காலகட்டத்திற்கும் குரல் அதிர்வுகளைக் (voice vibrations) காட்டுகின்றது. ஆனால் எல்லாப் பேச்சொலிகளும் நாம் முன்னர் பார்த்தபடி காலநீட்சி மாறாதன அல்ல. ஒலிவர்ணனைக்கருவி/ஒலிநிறமாலைவரைவி பேச்சில் நிகழும் இரைச்சல்களையும் (noises) விளக்க வேண்டும். இறுப்பானின் பார்வையின் படி காலநீட்சி மாறாத ஒலிக்கும் காலநீட்சி மாறும் ஒலிக்கும் வேறுபாடு இல்லை. ஒலிநிறமாலைவரைவியில் அதன் ஒரே செயல்பாடு ஒலியை உள்ளீடாக ஏற்று ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குச் சக்தியின் முழு அளவையும் அளப்பதாகும். நாம் ஒலிவர்ணனைப் படத்தைப் பார்த்தால் அதன் தோற்றத்திலிருந்து இரு வகையான ஒலிவர்ணனைப் படத்திலும் ஒலியியைபுக் கோடுகள் (harmonic lines) அல்லது செங்குத்துக் கோடுகள் (veritical striations) இருப்பதிலிருந்து ஒலி காலநீட்சி மாறாதது என்று கூற இயலும். இரைச்சல் கொந்தளிப்பால் (turbulence) வருகின்றது; அதாவது காற்றுத் துகள்களின்

ஒழுங்கற்ற சலனத்தால்/இயக்கத்தால் வருகின்றது; மற்றும் ஒலி இயக்க விளைவு இரைச்சலின் காலகட்டம் (duration) முழுவதும் நிகழ்வெண்களின் பரப்பெல்லையில் ஒரு நிகழ்வெண்ணிலிருந்து மற்றொரு நிகழ்வெண்ணிற்குத் தொடர்ச்சியான மாற்றமாகும். அதே சமயத்தில் பேச்சுக்குழலில் உருவாக்கப்பட்ட எந்த இரைச்சலும் குழலின் ஒலியூக்கங்களைத் (resonances) தூண்ட வேண்டும். இந்த இரு கூறுகளும் கீழ்வரும் ஒலி நிறமாலைவரைவில் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளன. இது [ai] என்ற குசுகுசுக்கப்பட்ட கூற்றின் அகலப்பட்டை ஆய்வாகும். பல்வேறுபட்ட இறுப்பான் பட்டைகள் (filter bands) சக்தியை ஒழுங்கற்று பெறுகின்றன. இதன் காரணமாக முந்தைய ஒழுங்குமுறையின் சீரான கோடுகள் (regular striations) முழு ஒலிநிறமாலை வரைபடம் முழுவதும் ஒழுங்கற்ற சுவடுகளால் (random traces) இடப்பெயர்ச்சி செய்யப்படுகின்றன. இருப்பினும் அகலமான நிகழ்வெண் அகலக் கோடுகளில் (bars) சக்தியின் உயர்ந்த நிலைகள் (high levels of energy) இருக்கின்றன; இது கூற்றின் குரல் மாதிரி (voiced version) போல் இவற்றின் செறிவுகள் மற்றும் இருப்பு நிலைகள் (disposition) காலத்தைப் பொறுத்து மாறுகிறது என்பதைக் காட்டுகின்றது.

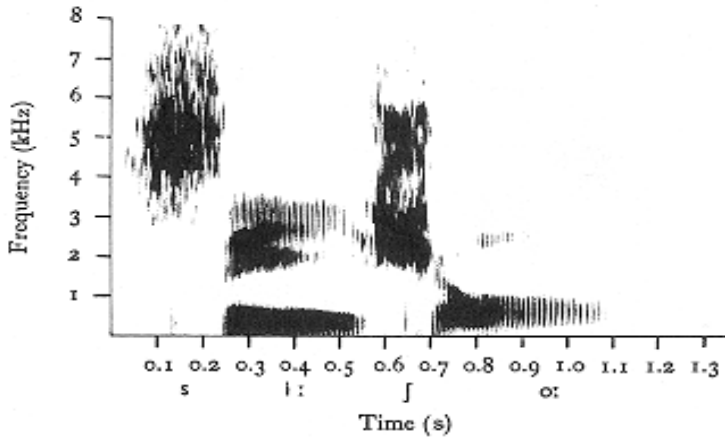
படம் 38: குசுகுசுக்கப்பட்ட [ai] இன் ஒலி நிறமாலைவரைவு (Fry 1979: 104)



ஒலியின் கோர்வையில் (phonemic string) மெய்யொலியன்களின் (consonant phonemic) நிகழ்வுடன் பொருந்தமுடைய இரைச்சல்கள் முழு அசையைக் காட்டிலும் இயல்பாகவே குறைவான கால அளவு உள்ளவை. அவை பொரும்பாலும் பேச்சுக் குழலின் இறுப்பு விளைவைத் (filtering effect) தெளிவாகக் காட்டுகின்றது. 'seashore' என்ற கூற்றை ஒலிவார்ணனைப் படம்

39இல் தரப்பட்டுள்ளதைப் போல் ஆயலாம். காலநீட்சி மாறாத ஒலியுடன் இரைச்சலின் ஒன்றுகொன்றான மாற்றம் (alternation) அமைப்பொழுங்கில் தெளிவானதாகும் மற்றும் இரண்டு ஓசைகளின் இறுப்பு விளைவுகளுக்கும் இடையில் உள்ள வேறுபாடுகள் நிச்சயமானதாகும். தொடக்க இரைச்சலில் 4000 Hz-க்கு கீழே ஒலியியக்க சக்தி இல்லை. ஆனால் இரண்டாவது இரைச்சலில் ஓசை சக்தி 2000 Hz-க்கு கீழே தான் தொடங்குகிறது. இது உயர்ந்த இசைமை (high-pitched) மற்றும் தாழ்ந்த இசைமை (low pitched) ஓசைகளுக்கு இடையே உள்ள வேறுபாடுகளைக் காட்டுகின்றது.

படம் 39 seashore என்பதன் ஒலி நிறமாலைவரைவு (Fry 1979: 105)



பேச்சில் ஓசையின் வெடிப்பொலி வகை (explosive type of noise) குறிப்பாக குரலிலா வெடிப்பொலிகள் (voiceless plosive) (p,t,k) நிகழ்ந்தால் பேச்சுக் குழலின் மூடுகை குறுகிய மௌனத்தை (short silence) இடைப்படுத்தும். இது ஒலிவர்ணனைப்படத்தில் காலி இடமாகத் (blank space) தோன்றும்; ஏனென்றால் இங்கு பதிவு செய்வதற்குப் பூஜிய ஒலி சக்தி (zero sound energy) தான் இருக்கின்றது. மெய்யொலி விடுவிக்கப்படும் போது ஓசையின் குறுகிய வெடிப்பு வரும். அது கால அச்சில் மிகக் குறுகிய ஒழுங்கற்ற திட்டு (random patch) ஆகும்.

தொண்டை சுர உருவாக்கியும் (larynx tone generator) ஓசை உருவாக்கியும் (noise generator) இடை உயிர் குரல் உரசொலிகளைப் (intervocalic voice fricatives) போல் ஒரே காலத்தில் செயலாற்றினால் ஒலிநிறமாலை வரைபடத்தின் தோற்றம் ஒலி எந்த அளவுக்கு வலுவான குரலோலி மற்றும் குறிப்பிட்ட கூற்றில் ஓசைக்கும் சுரத்திற்கும் இடையே உள்ள

விகிதம் இவற்றைப் பொறுத்து அமையும். பெரும்பாலும் குரலோலிக் கோடுகள் (voice striations) இருப்பதை மிகக் குறைந்த நிகழ்வெண் பட்டையில் தான் பார்க்க இயலும். ஒலிவர்ணனைப்படத்தின் மீதி வழக்கமான இரைச்சல் தோற்றத்தைக் (typical noise appearance) கொண்டிருக்கும். சில வேளைகளில் ஓசைத் திட்டு (noise patch) ஓரளவுக்குக் கோடுகளிட்ட தோற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும்.

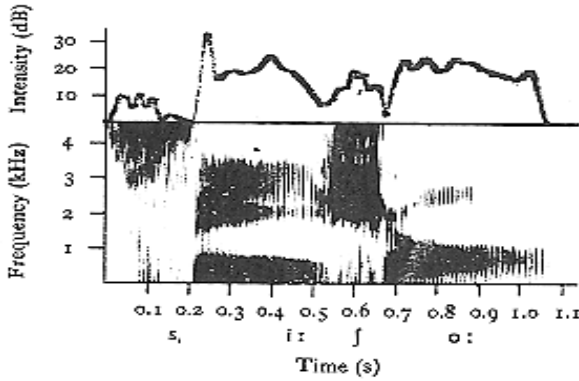
2.9.6. கடுமையின் அளப்பு (measurement of intensity)

குறுகிய பட்டை அல்லது அகலப்பட்டை என்ற இரண்டில் எதுவாக இருந்தாலும் மூப்பரிமாண ஒலிநிறமாலை வரைபடங்கள் (three dimensional spectrograms) பண்பு அடிப்படையில் (qualitative way) கடுமை வேறுபாடுகளை அளக்க அனுமதிக்கும்; ஆனால் ஒத்தறிக் கடுமையையின் அளப்புகளை (measurements) அனுமதிக்காது. படம் 35-இல் காட்டியது போன்று வகையின் பகுதிகளை/கூறுகளை (sections) உருவாக்கி ஒரு ஒலியின் கூறுகளின் (components of a sound) ஒத்தறிக் கடுமையை (relative intensity) நாம் அளக்கலாம்; மற்றும் ஒரு ஒலியைப் மற்றொன்றுடன் அல்லது ஒலிச்செறிவை மற்றொன்றுடன் ஒப்பிடலாம். அம்மாதிரியான பகுதி, ஒலியின் குறுகிய பதம்பார்க்கும் மாதிரியை (sample) உருப்படுத்தம் செய்யும்; மற்றும் அந்தப் பதம்பார்க்கும் மாதிரி (sample) எந்த அளவுக்கு முழு ஒலியின் பிரதிநிதி (representative of the whole sound) என்பதை நிரூபிப்பது சிக்கலாகும். இருப்பினும் கூறத் தக்க காலத்திற்கு மிகக் குறைந்த வேறுபாட்டுடன் நேரும் ஒலிகளின் ஒழுக்கில் உருவாக்கப்பட்ட பகுதிகள் ஒலிநிறமாலைவரைவி பற்றி பயன்படத்தக்க தகவலைத் தரலாம். அதை ஒரு ஒலியை மற்றொன்றுடன் ஒப்பிடப் பயன்படத்த இயலும். உரசு இரைச்சல்களின் (friction noises) ஒலிநிறமாலை வரைபடங்களைக் கால நீட்சி மாறாத ஒலிகளைப் போலப் பெறலாம்.

ஒலிநிறமாலைவரைவி கடுமை அளப்பின் (intensity management) மற்றொரு வகை உருவாக்க வசதியைப் பொதுவாகத் தரும். அதாவது கூற்று தொடர்ந்து முன்னேறும் போது முழு ஒலிக் கடுமையின் வேறுபாட்டைத் தரும். வீச்சைக் காட்டுதல் (amplitude display) பல்வேறுபட்ட ஒலிகள் ஒன்றையொன்று தொடருகையில் முழுக் கடுமையின் உயர்வையும் தாழ்வையும் குறிப்பீடு செய்யும் தொடர்ச்சியான வளைகோட்டை (curve) வரைக்கும். இவ்வழியில் கிடைக்கும் வளைகோடு படம் 40இல் காட்டப்பட்டுள்ளது; இதில் 'seashore' என்பதன் ஒலிவர்ணனைப்படம் அதன் மீது கடுமை வளைகோட்டுடன் திரும்பிச் செய்யப்பட்டுள்ளது. கூடுதலான சுவடுக்காக

(additional trace) இடம் அனுமதிக்க வேண்டி நிகழ்வெண் ஆய்வு தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணிலேயே நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. கடுமை வேறுபாடுகளை டெசிபெல்களில் அறிய இயலும். நாம் எதிர்பார்த்தப்படி ஒவ்வொரு அசைக்கும் முதன்மை உச்சிகள் (primary peaks) இருக்கின்றன. இரண்டு உரசொலிகளுக்கும் இரண்டாம் நிலை உச்சிகள் (secondary peaks) இருக்கின்றன. இரண்டு உயிரொலிகளும் நிலையில் (level) வேறுபடுவதில்லை. இருப்பினும் இரண்டாவதான கூடுதல் திறந்த உயிரொலி முதலாவதைவிட சிறிது உயர்ந்த கடுமையில் தக்கவைக்கப்படுகின்றது. இரண்டு உரசொலிகளும் வலுவானவை; இருப்பினும் முதலாவது உரசொலி இரண்டாவது உரசொலியைவிட 10 dB வலு குறைந்தது.

படம்40: வீச்சுக் காட்சியுடன் seashore என்பதன் ஒலி நிறமாலை வரைவு (Fry 1979: 106)



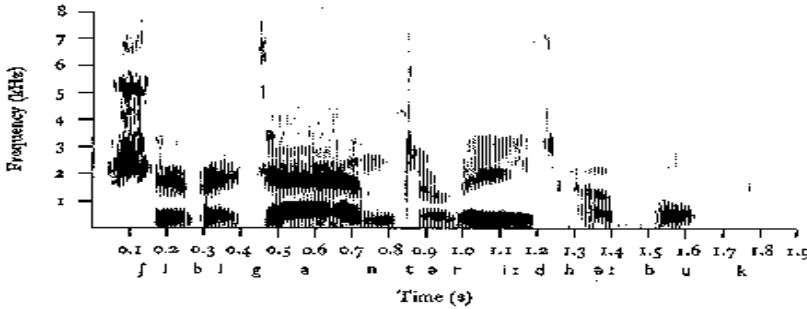
2.9.7. நிறமாலை வரைவில் இருக்கும் தகவல் (information contained in the spectrogram)

கால அச்சில் அமைப்பொழுங்குகளை வெட்டி இந்த துண்டுதான் /b/, இந்த துண்டுதான் /u/, இந்தத் துண்டுதான் /n/ கூற இயலாது என்பதை அறிவதில் முக்கியத்துவம் இருக்கிறது. ஏனென்றால் இவ்வாறு கூறுவது /b/ ஒலியை அறிந்துகொள்ள நாம் பயன்படுத்தும் ஒலியியக்கத் தகவலை முதல் துண்டு வைத்திருக்கிறது என்று பொருள்படும். பேச்சு ஒலிகளை அறிந்து கொள்வதும் அடையாளம் கண்டுகொள்வதும் ஒலிநிறமாலைவரைபட அமைப்பொழுங்குகளின் நேரடியான துண்டுப்படுத்தல் என்ற எளிய செயல்பாடு அல்ல. நாம் ஒலிநிறமாலை வரைபடத்திலிருந்து/ஒலிவர்ணனைப் வரைபடத்திலிருந்து பெற இயலுவது பேச்சு நிகழ்வுகளைப் பற்றிய நம்பிக்கைக்குரிய ஒலியியக்கத் தகவலாகும். நாம் அதைக் கேட்பதுடனும் புரிந்து

கொள்வதுடனும் தொடர்புபடுத்தலாம். ஆனால் நாம் முதலில் நம்புவதுபோல் நேரடியான வழியில் செய்ய இயலாது.

ஒலிநிறமாலை வரைபடத்தை ஆய்ந்து பல அடிப்படையான தனித்தன்மைகளைச்/ வேறுபாடுகளைச் (distinctions) செய்யவேண்டும்; முதலாவது ஒலிக்கும் மௌனத்திற்கும் (sound and silence) இடையிலுள்ள வேறுபாடு. அமைப்பொழுங்கில் உள்ள காலியிடம் ஒலி நின்றுவிட்டது என்பதை அர்த்தம் செய்யும்; அது 150 மி.செ.க்கு மேல் நீண்டால் அது பேசுபவரின் பங்களிப்பான இடைநிறுத்ததால் நேர்ந்ததாகும். ஆனால் பல குறுகிய மௌனங்கள் வெடிப்பு மெய்யொலிகளின் ஒலிப்பால் விளைகின்றன. பல எடுத்துக்காட்டுகளை படம் 41இல் காட்டப்பட்டுள்ள 'she began to read her book' என்ற வாக்கியத்தின் ஒலிவர்ணனைப் படத்தில் காணலாம். சில அடைப்பொலிகளின் கால அளவு மிகக் குறுகியவை; /t/ உடன் தொடர்புடைய கால அளவு 20 மி.செ. ஆகும்; /k/ உடன் தொடர்புடையது 115 மி.செ. ஆகும்.

படம்41: 'she began to read her book' என்பதன் ஒலிவர்ணனைப் படம் (Fry 1979: 107)



இரண்டாவது தனித்தன்மை கால நீட்சி மாறாத ஒலிக்கும் கால நீட்சி மாறும் ஒலிக்கும் இடையில் உள்ளதாகும்; அதாவது ஒலியியல் கலைச்சொற்கள் அடிப்படையில் குரல் ஒலிகளுக்கும் (voiced sounds) குரலிலா ஒலிகளுக்கும் (voiceless sounds) இடையில் உள்ளதாகும். அகலப்பட்டை (wide-band) ஆய்வு குரல்வலை மடல்களின் (vocal folds) அடுத்தடுத்த திறப்புகளையும் அடைப்புகளையும் (successive openings and closings) கண்டுகொள்ள அனுமதிக்கப் போதுமான கால நிரந்தரத்தை (time constant) தருகிறது; அகலப்பட்டை ஒலிவர்ணனைப் படத்தில் செங்குத்து கோடுகள் தெளிவாக இருக்கும் போது நாம் தொண்டை அதிர்வுகள் இருக்கின்ற கால கட்டத்தைப் பார்ப்போம். இரண்டு கோடுகளுக்கு இடையில் உள்ள தூரம் குரல்வலை மடல் அதிர்வின் கால அளவைத் தரும்; இதன் மறுதலையை எடுத்துக்கொண்டு

நாம் அதிர்வெண்ணை எய்த முடியும். இது அடிப்படை நிகழ்வெண்ணில் (fundamental frequency) வேறுபாடுகளை அளப்பதன் மிகக் கடினமான வழியாகும். மேலும் தூரங்கள் சரியான அளவைச் செய்வதற்கு மிகச் சிறியது ஆகும். நாம் அகலப்பட்டடையால் என்ன செய்ய இயலும் என்றால் தொண்டை அதிர்வுகள் தொடங்கும் மற்றும் நிறுத்தும் காலத் துளிகளை (moments) போதுமான அளவு சரியாக முடிவு செய்யலாம்; மேலும் எப்போது ஒரு மெய்யொலியின் ஒலிப்பின் போது குரல் தன்மை தொடர்ச்சியானது என்பதை கண்டுகொள்ளலாம். ஒலிவர்ணனைப் படம் 41-இல் *to read* என்ற தொடர்ச்சியில் [r] என்பதன் ஒலிப்பின் கால அளவு (period of articulation) வழியும் *book* என்பதன் தொடக்கத்தில் அடைப்பொலியின் அடைப்பு வழியும் குரல் தன்மை (voicing) தொடர்ச்சியாக (sequence) இருப்பதைக் காணலாம். ஓசைச் திட்டுகளின் (noise patches) கால அளவையும் அளக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக *she* என்பதில் உள்ள தொடக்க உரசல் இரைச்சலையும் (friction noise) *to* என்பதில் உள்ள [t]இன் உயிர்ப்பினால் (aspiration) உருவாக்கப்பட்ட மிக குறுகிய கால ஓசையையும் அளக்கலாம்.

பெரும்பாலான தொடர்ச்சிகள் (sequence) முழுவதிலும் ஒலிச்செறிவு கெட்டிக்கோடுகள் (formant bars) எல்லாம் நன்றாக விளக்கப்படுகிறது. இது தொடர்பாகப் பல இடங்களில் ஒரு ஒலிச்செறிவின் நிகழ்வெண்ணில் விரைவான மாற்றத்தைக் காணலாம். இது பெரும்பாலும் F2-இல் நேரும்; மிக வெளிப்படையான எடுத்துக்காட்டுகள் *she* என்ற அசை *bagan* என்பதன் தொடக்க [b] என்ற அடைப்பொலியுடனும் அடுத்த சொல்லில் [g] என்ற அடைப்பொலிக்குப் பின்னரும் இணைக்கப்பட்டிருப்பதும் [r]இன் ஒலிப்பால் *to* என்ற சொல்லை *read* என்ற சொல்லுடன் இணைப்பதும் ஆகும். ஒலிச்செறிவில் உள்ள இம்மாதிரியான விரைவான மாற்றங்கள் ஒலிச்செறிவு கடத்தல்கள் (formant transition) என்று குறிப்பிடப்படும். இவை பேச்சொலிகளை அடையாளம் காண முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை ஆகும்.

நிறமலைவரைவி ஆய்வு தெளிவாகக் காட்டுவது பேச்சில் ஒலியியக்க ஆய்வு தொடர்ச்சியான மாற்றமாகும் என்பதாகும்; ஏனென்றால் இது பேச்சு இயக்கநெறியின் (speech mechanism) பங்களிப்பின் தொடர்ச்சியான இயக்கத்தின் விளைவாகும். பேச்சு ஒலியியக்கவிலைப் பற்றிய நமது அறிவின் பெரும்பான்மையான பகுதி ஒலிவர்ணனைப் படங்களை ஆய்வதாலும் அவற்றின் உதவியால் செய்யப்படும் அளப்புகள் வழியும் கிடைக்கின்றது.

2.9.8. நிறமாலைவரைவியும் அளவையின் அளவுகோல்களும் (The sound spectrograph and scales of measurement)

ஒலிவரணனைக் கருவி ஒலி உள்ளீட்டைப் பார்க்க இயலும் அமைப்பொழுங்காக (visible pattern) மாற்றும் உபாயமாகும். இது ஒலியியக்கப் பரிமாணங்களை அளவுகோலால் அளக்க இயலும் தூரங்களாக மாற்றுகின்றது. மாற்றக் காரணிகள் பயன்படுத்தப்பட்ட குறிப்பிட்ட வரணனைக் கருவியைப் பொருத்து அமையும் என்பது இயற்கை. இருப்பினும் ஒலிப்பதிவுகருவி (sona-graph) என்பதுதான் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு பிரிவு (section) எடுக்கப்பட்டால் பரிமாணங்கள் நிகழ்வெண்ணும் கடுமையும் ஆகும். மூன்று பரிமாண நிறமாலை வரைபடம் செய்யப்பட்டால், அது குறுகிய பட்டையாய் இருந்தாலும் அகலப்பட்டையாய் இருந்தாலும் சரி, அளவீட்டின் பரிமாணங்கள் ஆய்வால் செய்யப்படும் தர்மசார்ந்த தீர்மானத்துக்காகக் கடுமையின் வேறுபாடுகளுடன் நிகழ்வெண்ணும் காலமும் ஆகும். வீச்சு காட்சி (amplitude display) பயன்படுத்தப்பட்டால் பரிமாணங்கள் மொத்த கடுமையும் காலமும் ஆகும். பொதுவாக ஒலிநிறமாலை வரைவிகளில் மற்றும் ஒலிப்பதிவு கருவிகளில் தூரத்திற்கும் ஒலியியக்கப் பரிமாணங்களுக்கும் இடையில் உள்ள உறவுகளைப் பொறுத்த சில விருப்புகள் இருப்பது இயல்பு.

ஆய்வின் நிகழ்வெண் பரப்பெல்லை 8000 Hz ஆகும்; மற்றும் மாற்றும் காரணி பதிவு செய்யும் காகிதத்தில் 2000 Hz = 1 இஞ்சு ஆகும்; இதனால் செங்குத்து அச்சின் மீது அமைப்பொழுங்கு 4 இஞ்சு தூரம் வரை நீளும். நிகழ்வெண் அளவுகோல் நேர்கோட்டுத்தன்மையானது; அதாவது 2000 Hz இன் ஒவ்வொரு அதிகரிப்பும் 1 இஞ்சு தூரத்தால் உருப்படுத்தம் செய்யப்படுகின்றது; இது இசைமை வேறுபாடுகளின் நமது புலனுணர்வின் உருப்படுத்தம் ஆகாது; ஏனென்றால் முந்தைய கருத்தாடலில் நாம் எல்லா ஆக்டேவ் வேறுபாடுகளையும் சமமானவை என்று கருதுவதாகப் பார்த்தோம். இந்த உண்மையைப் பிரதிபலிக்கும் ஒரு அளவுகோல் ஒவ்வொரு ஆக்டேவுக்கும் ஒரு நிலைபேறைப்/தரநிலையைப் பயன்படுத்தும்; அதாவது நிகழ்வெண்ணின் ஒவ்வொரு இரட்டிப்புக்கும்; இது டெசிபல் அளவுகோலுக்குச் சமமான லாகிரதம்சார் அளவுகோலாகும்.

ஒலிவரணனைப்படத்தின் மீது நிகழ்வெண்ணை அளவிடுதில் நாம் ஒரு இஞ்சின் ஐந்தில் ஒன்றின் வேறுபாடுகளை எதிர்பார்ப்போம்; 1 இஞ்சு = 2000 Hz என்றால் நாம் அளக்கவியலும்

மிகச் சிறிய நிகழ்வெண் வேறுபாடு 40 Hz ஆகும். காலம் மாறா ஒலிகளைக் கையாளும் போது நிகழ்வெண்ணில் சமமான வேறுபாட்டால் அடுத்தடுத்து வருகின்ற ஒலியியைபு பிரிக்கப்படுகின்றது என்று நாம் அறிவோம்; மற்றும் ஒரு கூறின் நிகழ்வெண்ணை மதிப்பீடுசெய்கையில் இது ஒரு பயனுள்ள தகவல் ஆகும்; ஆனால் இது குறுகிய பட்டையுள்ள ஒலிவரணனைப் படங்களின் நேர்வுகளில் மட்டுமே கிடைக்கும்; ஏனென்றால் அகலப்பட்டை ஒழுங்குமுறையில் தனிப்பட்ட ஒலியியைபுகள் பதிவு செய்யப்படுவதில்லை. அகலப்பட்டை ஒலிவரணனைப் படங்களில் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களைப் பெற ஒலிச்செறிவு பாரின் மையம் வழி கண் கொண்டு ஒரு வரை வரைவதும் மற்றும் இந்த வரிக்கு குறிப்புரையாக நிகழ்வெண் அளவீட்டைச் செய்யவதும் பொது வழக்கமாகும்.

இப்பிரிவுகளில் நிகழ்வெண் அளவுகோல் மூன்றுபரிமாண ஒலிவரணனையை ஒக்கும்; மற்றும் அதை அதே வழியில் கையாள இயலும். கடுமை அளவுகோல் லாகிரதம் சார்ந்த ஒன்றாகும்; ஏனென்றால் அது ஒத்தறி கடுமைகளை டெசிபல்களில் அளக்கின்றது. அளக்கவியலும் கடுமையின் பரப்பெல்லை பெயரளவில் 33 டெசிபெல்லாகும். வீச்சுக் காட்சி அதே ஒலியைபு அளவுகோலை பயன்படுத்துகின்றது; விலகலைத் தவிர்க்க அதன் பயன்பாட்டில் அதே பராமரிப்பு தரவேண்டும்.

ஒரு தனி ஒலிவரணனைப் படத்தால் உள்ளடக்கப்படும் அதிகப்படியான காலம் ஒலிப்பதிப்பியின் நேர்வில் 2-4 செகண்டுகள் ஆகும்; சமமான தூரம் 12 இன்சுகள் ஆகும்; மற்றும் ஒரு இஞ்சின் அரைப்பகுதி செகண்டில் பத்தில் ஒன்று அல்லது 100 மிசெ ஆகும். நாம் தூரங்களை ஒரு இஞ்சின் பதினைந்தில் ஒன்றாக அளந்தால் நாம் கால வேறுபாடுகளை 40 மிசெ ஆக அளப்போம்.

2.10. ஆங்கிலப் பேச்சொலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புக் கூறுகள் (Acoustic features of English sounds)

ஒலிகள் வேறுபட்ட பேசுபவர்களின் பல்வகைப்பட்ட பேச்சு இயக்க நுட்பத்தால் உருவாக்கப்படுகின்றது. இந்த எல்லாப் பேசுபவர்களும் வேறுபட்ட பரிமாணங்களில் தொண்டை மற்றும் பேச்சுக் குழலைக் கொண்டிருக்கின்றார்கள். அவர்கள் வேறுபட்ட வளர்ப்பு முறை மற்றும் ஓசைத் தன்மை (voice quality) கொண்டிருக்கின்றார்கள். ஒரு தனிப்பட்ட நபர் வேறுபட்ட

காலங்களில் பேசுகையில் ஒலியியக்கப் பண்பில் வேறுபடுகிற ஒலிகளை உருவாக்குகிறார்கள். எனவே நாம் ஒலியியக்க ஆய்விற்கு வேண்டி எடுக்கும் எந்தக் கூற்றும் மில்லியன் சாத்தியங்களின் ஒன்றாகும். படம் 42, 76 அமெரிக்க ஆங்கிலம் பேசுபவர்களின் கூற்றுகளில் பத்து வேறுபட்ட உயிரொலிகளின் F1 மற்றும் F2 நிகழ்வெண்களைத்தரும். ஒலியியக்க வேறுபாடுகள் இருந்தாலும் மொழி ஒழுங்கமைப்புகள் வேலை செய்வதன் காரணமாக மொழி ஒலி ஒழுங்குமுறையை (linguistics sound system) உருவாக்கும் ஒலிகளின் வேறுபட்ட வகுப்புகளின் ஒலியியக்கப் பண்புகளைப் பற்றி (acoustic characteristics) பொதுமையாக்கங்கள் செய்வது பயன் தருவதும் அர்த்தமுள்ளது ஆகும்.

2.10.1 ஆங்கில உயிரொலிகள்

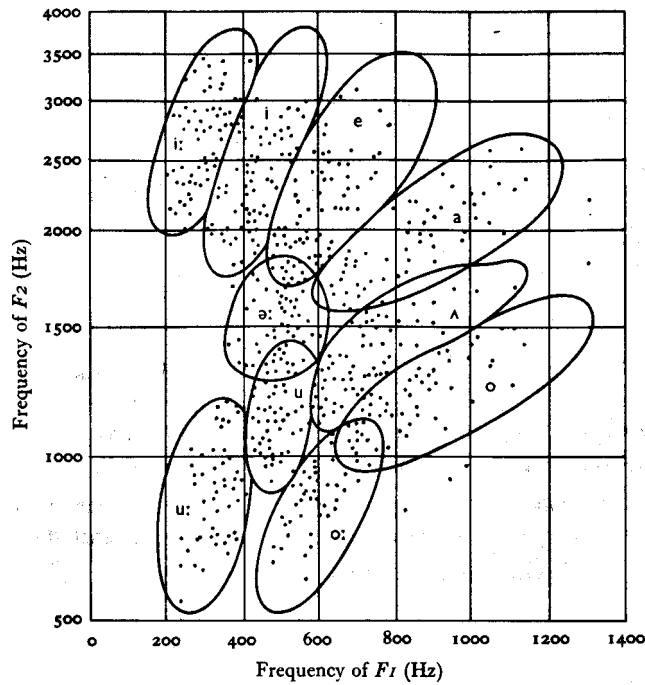
சாதாரணமான பேச்சில் எல்லா உயிரொலிகளும் குரலொலிகளாகும். அவற்றின் உருவாக்கத்தில் பேச்சுக்குழல் இரண்டு அல்லது மூன்று நன்கு குறிக்கப்பட்ட ஒலியூக்கங்களை (resonances) அதாவது உயிரொலிச் செறிவுகளைக் (vowel formants) காட்டும். அட்டவணை 3 பதினொன்று ஆங்கில உயிரொலிகளின் F1 மற்றும் F2 இவற்றின் நிகழ்வெண்களின் மதிப்பீடுகளின் சராசரியைத் தருகின்றது. இவை சராசரி மதிப்பீடுகள் என்றபடியால் அவைகள் ஒரு தனிப்பட்ட பேசிபவரின் கூற்றுக்களில் நெருக்கமாக திரும்ப உருவாக்கப்படுவதில்லை. ஆனால் அவை அம்மாதிரியான கூற்றுக்களில் ஒலிவர்ணனைப்படங்களில் நாம் பார்க்க இயலும் போக்குகளைக் காட்டும். ஒலிகள் குரலொலிகளாய் இருப்பதால் அகன்ற பட்டை ஒலிவர்ணனைப்படங்கள் (wide-band spectrogram) உயிரொலிக்குத் தொடர்புடைய நீளம் முழுவதும் செங்குத்தான கோடுகளைக் காட்டும்; ஒலிச்செறிவுகளின் உள்ளமை/இருப்பு அதே நீளம் முழுவதும் ஓடும் அகலமான, கறுப்பான கெட்டிக்கோடுகளால் குறிப்பிடப்படும். அவை சில நிகழ்வெண் இடங்களில் சக்தியின் உயர்ந்த நிலைகளைக் காட்டுகின்றன. படம் 43-இன் நிறமாலைப் வரைபடங்கள் ஒவ்வொரு சொல்லும் தனியாக உச்சரிக்கப்பட்ட கூற்றுக்களுக்கு உரியனவாகும்; இது படம் 41-இல் கண்டதற்கு முரணாக ஒத்தறி அடிப்படையில் நிலையான ஒலிச்செறிவுகளுக்குக் காரணமாக அமைகின்றது.

அட்டவணை 3

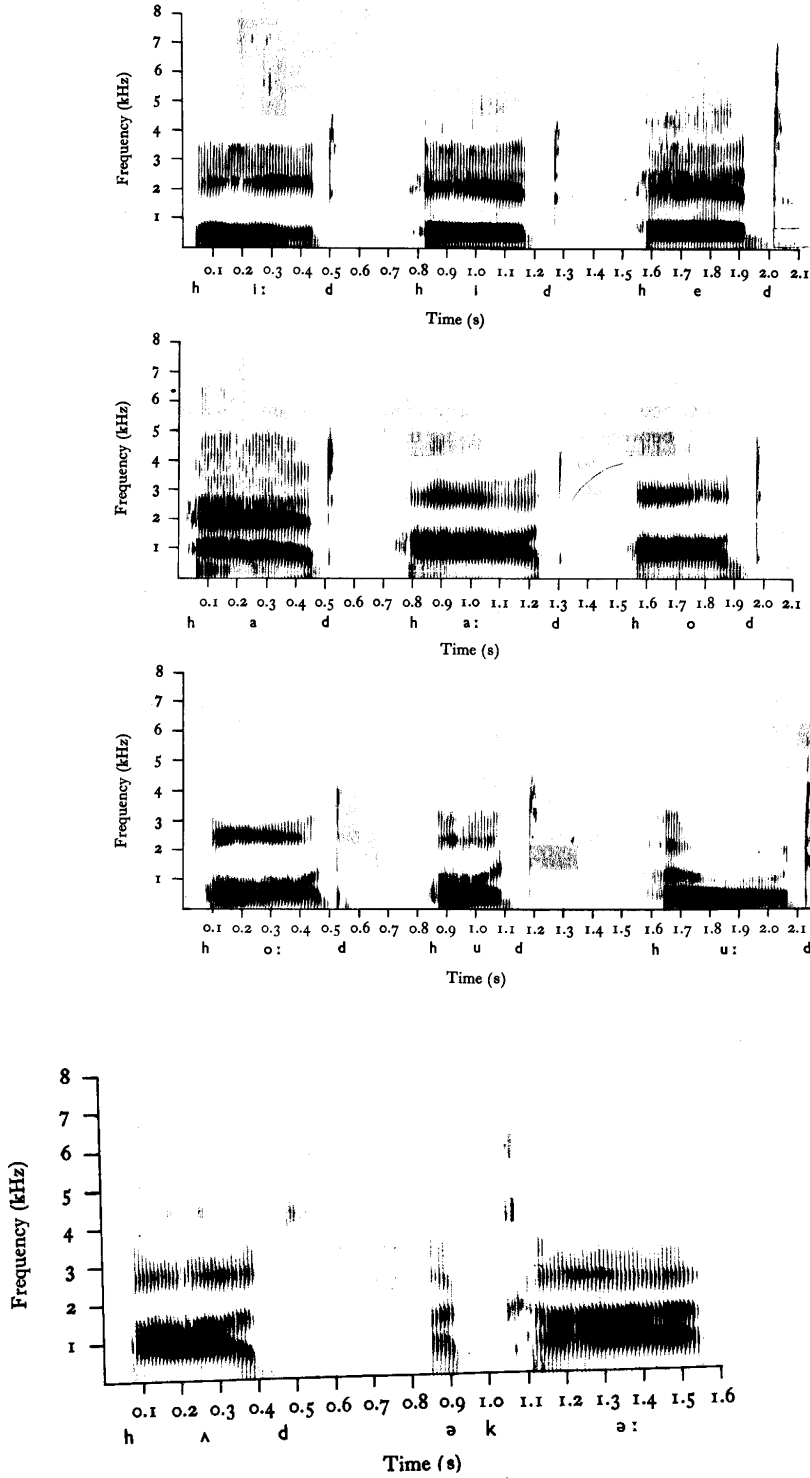
		F1(HZ)	F2(HZ)
i:	Heed	300	2300
l	Hid	360	2100

E	Head	570	1970
A	Had	750	1750
a:	Hard	680	1100
O	Hod	600	900
o:	Hoard	450	740
U	Hood	380	950
u:	Who	300	940
^	Hub	720	1240
e:	Herb	580	1380

படம் 42: அமெரிக்க உயிரொலிகளுக்கு F1-F2 திட்டங்களின் சிதறு வரைபடம் (Fry 1979: 112)



படம் 43: தூய ஆங்கில உயிரொலிகளின் நிறமாலை வரைவுகள்(Fry 1979: 113, 114)

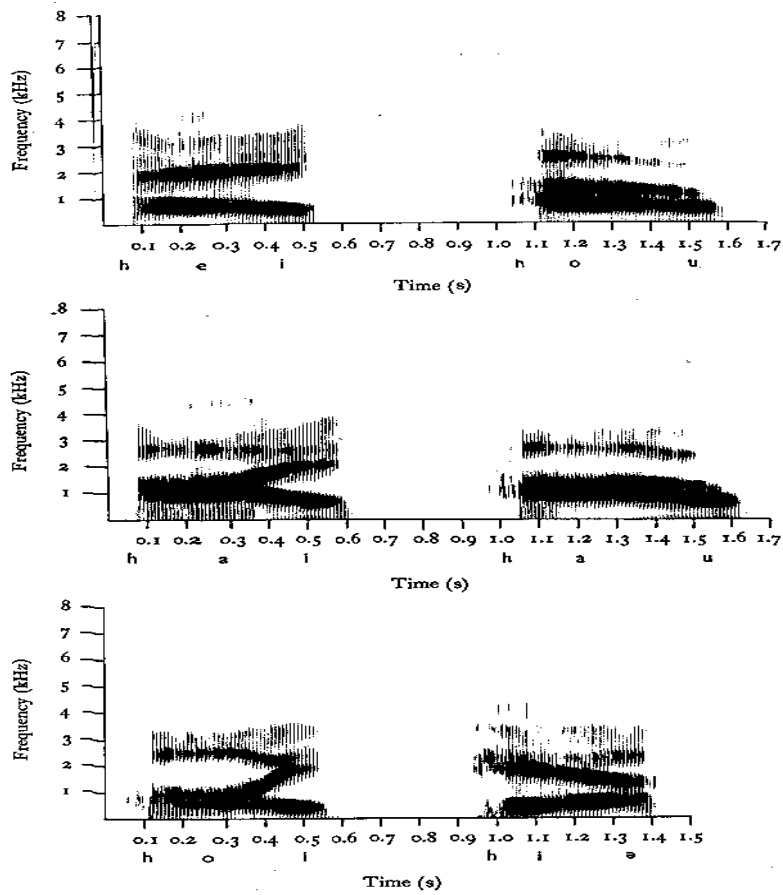


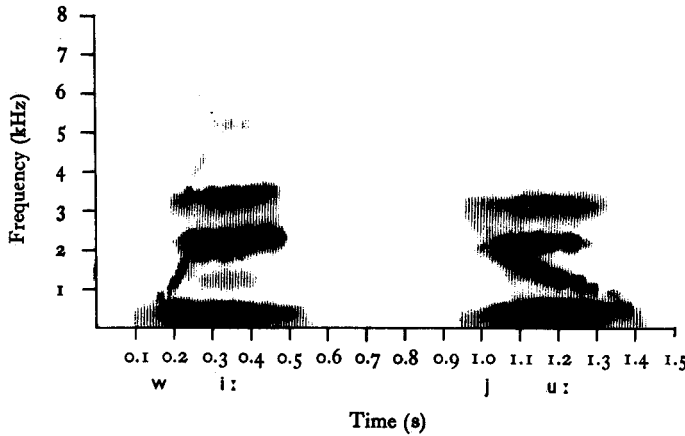
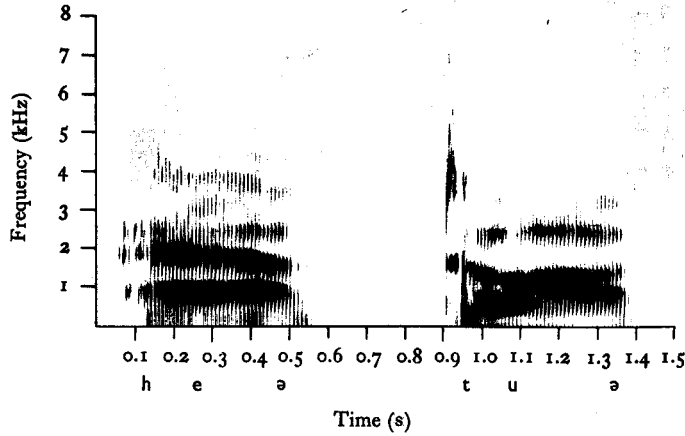
சராசரி மதிப்பீடுகள் தெருவிப்பது போல் மூடிய முன் உயிரொலியின் ஒலிப்பிலிருந்து திறந்த முன் உயிரொலியின் ஒலிப்பு F1 மற்றும் F2 கோடுகளின் படிப்படியான தோராயத்தால் (gradual approximation) அடையாளப்படுத்தப் படுகின்றது. பின் உயிரொலி ஒலிப்பின் மாற்றத்தால் F1 மற்றும் F2 கூடுதல் நெருக்கமாக வருகின்றது. ஐந்து பின் உயிர்களும் சேர்ந்து கீழ்நோக்கி நகரும் போக்கு இருக்கின்றது. நடுவில் உருவாக்கப்படும் உயிர்களுக்கு F1உக்கும், F2உக்கும் உயர்ந்த நிகழ்வெண் இருக்கின்றது. அவை முன் உயிர்களுக்கும் பின் உயிர்களுக்கும் இடைப்பட்ட இடத்தை ஆக்கிரமிக்கும்.

2.10.1.1. ஈருயிர் (Diphthongs)

ஈருயிர்கள் ஒலிப்பு ஒரு உயிரொலியின் இயல்பு நிலையிலிருந்து மற்றொரு உயிரொலியின் இயல்பு நிலைக்கு பேச்சு இயக்கநெறியின் நா மற்றும் பிற பாகங்களின் இயக்கத்தை வேண்டுகின்றது. இந்த இயக்கம் ஒலிச் செறிவு அமைப்பொழுங்கின் (formant pattern) குறிப்பிடத்தக்க மாற்றத்தை உருவாக்குகின்றது. படம் 44இல் தந்துள்ள ஒலிவண்ணைப்படம் இதைக் காட்டுகின்றது. அசைகள் இரு சுத்த உயிர்களின் சேர்க்கையைக் காட்டுகின்றது: 'high' என்பதிலுள்ள ஈருயிரி [a:] என்பதன் ஒலிச்செறிவு அமைப்பொழுங்கு [i] என்பதன் ஒலிச்செறிவால் தொடரப்படுவதைக் காட்டும். அரை உயிராலும் உயிராலும் உருவாக்கப்படும் அசை மறுதலையாக ஈருயிர் என்பதை 'you' மற்றும் 'we' என்பதன் ஒலி நிறமாலை வரைவுகள் தெளிவுப்படுத்தும்.

படம் 44: ஆங்கிலத்தில் ஈருயிகள் மற்றும் அரையுயிர்களின் நிறமாலை வரைவுகள் (Fry 1979: 115, 116)





2.10.1.2.. உயிரொலியின் கால அளவு மற்றும் கடுமை இவற்றின் வேறுபாடு (Differences in vowel duration and intensity)

வேறுபட்ட உயிர்களுக்கு வேறுபட்ட ஒலிச்செறிவு அமைப்புகள் இருந்தாலும் அவை மட்டும் தான் உயிரொலிகளுக்கு இடையே உள்ள ஒலியியக்க வேறுபாடுகள் என்று கூற இயலாது. நிறமாலை வரைபடங்கள் கால அளவிலும் வேறுபாட்டைக் காட்டுகின்றன. நிறமாலை வரைபடத்திலிருந்து கால அளவின் மதிப்பீட்டைப் பெறுவதில் கவனம் தேவை. கூற்றுகளின் வேகம் பேச்சு நீளத்தின் முழு கால அளவையும் மாற்றும்; கால அளவுகள் ஒரே ஒலிச் சூழலில் வந்தால் தான் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க இயலும். இந்தக் கட்டுப்பாடு ஒலிவர்ணனைப் படத்தில் ஆயப்பட்டுள்ள கூற்றுகளால் திருப்திப் படுத்தப்பட்டுள்ளன. [i:], [a:], [o:], [u:] மற்றும் [a:] என்ற நீண்ட உயிரொலிகளுக்கான (long vowels) கால அளவு குற்றுயிரொலிகளுக்கான (short vowel) கால அளவை விட கூடுதல் கால அளவைக் கொண்டிருப்பது தெரியும். ஈருயிர்கள் கால அளவில்

ஒத்தவைகள் ஆகும்; அவைகள் நெட்டுயிர்களை விட சிறிது நீண்டது என்பது அவை திறந்த அசையில் இருக்கும் இடம் ஆகும்; இங்கு இறுதி அடைப்பொலியால் காலம் எடுத்துக் கொள்ளப்படுவதில்லை.

உயிரொலிகளின் கடுமை எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட பேச்சு நிலைகளைப் (speaking level) பொறுத்து அமையும். எடுத்துக்காட்டாக, மென்மையிலிருந்து (soft) வன்மை/உரப்பு (loud) உயிரொலிகள் முழுவதிலும் விளைவை ஏற்படுத்தும். ஒலியளவை (volume) கிட்டத்தட்ட நிரந்தரமாக வைத்திருந்தால் பல்வேறுபட்ட உயிரொலிகளுக்கு இடையில் கடுமையின் உட்படையான வேறுபாடுகள் இருக்கும். பேச்சுக் குழல் கூடுதல் திறந்த படி உருவாக்கப்பட்ட உயிரொலிகள் மூடிய உயிரொலிகளை விட கூடுதல் கடுமை நிலை கொண்டிருக்கும். ஒரே திறந்த அளவு உள்ள F1உம், F2உம் அதிர்வு எண்ணில் கூடுதல் அண்மைப்பட்டிருக்கின்ற பின் உயிர்கள் முன் உயிர்களை விட சிறிது கூடுதல் கடுமையைக் கொண்டிருக்கும். இந்த விளைவுகளைப் அட்டவணை 5-இல் தந்துள்ள கடுமை அளவீடுகளிலிருந்து அறியலாம். மிகக் குறைந்த கடுமையான உயிர் ஒலிகளுக்கு இடையில் உள்ள வேறுபாட்டின் சராசரி 7 dB ஆகும்.

2.10.2. ஆங்கில மெய்யொலிகள்

மெய்யொலிகளின் ஒழுங்கு முறையை உருவாக்கும் ஒலிகள் உயிரொலிகளை விட கூடுதல் வேறுபாடுகள் உள்ளவைகளாக இருக்கும். ஏனென்றால் அவைகள் ஒலி பிறப்பதத்தால் (place of articulation) மட்டுமல்ல ஒலி ஒலிப்பு முறையாலும் (manner of articulation) வேறுபடுத்தப்பட்டிருக்கும். அவற்றின் ஒலியியக்கப் பண்புகளை மீளாய்வு செய்ய நாம் ஒலிப்பில் சில ஒற்றுமைகளைக் காட்டுகிற ஒலிகளை ஒன்றாகக் குழுமலாம்; ஏனென்றால் அவைகள் பொதுவான ஒலியியக்கப் பண்புக் கூறுகளைக் கொண்டிருக்கும்.

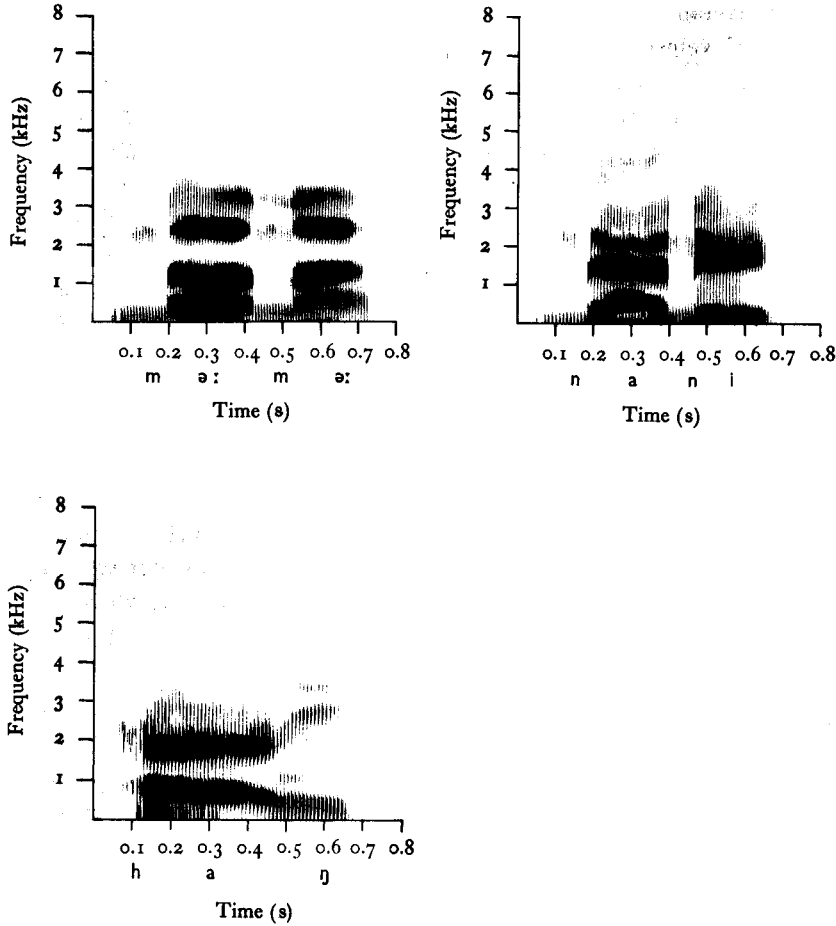
உயிரொலி-மெய்யொலி என்ற இருமை வேறுபாடு (dichotomy) ஒலியியக்க அளவீடு அடிப்படையில் செய்ய இயலாததாகும். அது மொழி ஒழுங்கு முறையில் ஒலிகளின் செயல்பாட்டின் செய்தியாகும். எடுத்துக்காட்டாக நாம் மெய்யொலிகளின் பண்பாக இரைச்சல் பண்புக்கூறுகளின் சாயலைக் (notion of the noise components) கூறலாம்; அப்படியானால் மூக்கொலிகளும் (nasals) மருங்கொலிகளும் (lateral) இந்த வகுப்பிலிருந்து விலக்கி வைக்கப்பட வேண்டும். மாறாகப் பரந்த செய்தியில் முழுவதும் இரைச்சல் இருந்தாலும் அதில் உயிரொலிகள் பயன்படுத்தப்படவில்லை என்று கருதுவது அர்த்தமாகாது. ஒலியிக்கவியல் பார்வை

அடிப்படையில், உயிரொலிகளுக்கும் மெய்யொலிகளுக்கும் இடையில் சரியான/தெளிவான வேறுபாட்டுக் கோடு இல்லை. கூடுதல் அளவு உயிரொலி போன்ற குறைந்த அளவு உயிரொலி போன்ற என்றுதான் கூற இயலும். ஆங்கிலத்தில் கூடுதல் அளவு உயிரொலி போன்றவை அசைச் செயற்பாங்கு (syllabic function) உள்ளவை. அதாவது மூக்கொலிகளும் மருங்கொலிகளும் ஆகும்.

2.10.2.1 மூக்கொலிகள்

மூக்கொலிகளின் ஒலிப்பு மெல்லணத்தின் கீழ்நோக்கி வருகையை உள்ளடக்கியதாகும். இதனால் மூக்குத்தொண்டை (nasopharynx) மற்றும் மூக்குத்து வாரங்கள் வழி வெளிச்செல்லும் காற்று வழி திறக்கப்படும். பேச்சுக்குழலின் பக்கக் கிளையாக வரும் இந்தத் திறப்பின் ஒலியியக்க விளைவு என்னவென்றால் பேச்சுக்குழலின் ஒலியூக்கப் பண்புகளை (resonance characteristics) மாற்றுவதும் ஒரு குறிப்பிட்ட இறுப்பு விளைவான எதிர்-ஒலியூக்கத்தைப் (anti-resonance) புகுத்துவதும் ஆகும். இந்த எதிர்-ஒலியூக்கத்தினால் பாதிக்கப்பட்ட நிகழ்வெண் பட்டை (frequency band) பெரும்பாலான உயிரொலிகளின் இரண்டாவது ஒலிச்செறிவில் நாம் காணும் ஒன்றாகும். அதாவது 800 Hzஇல் இருந்து 2000 Hz வரை மூக்கொலியால் உடனடியாக முந்தப்படவோ தொடரப்படவோ செய்யப்படும். அசையில் ஒலிவர்ணனை அப்பொழுங்குகில் எதிர்-ஒலியூக்கத்தின் இரு குறிக்கப்பட்ட விளைவுகளைக் (marked effects) காண்கிறோம். முதலாவது F1ஆல் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட சக்தியின் உச்சம் உயிரொலியின் நீட்சியைக் காட்டிலும் மெய்யொலி நீட்சியில் தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணில் இருக்கின்றது. இரண்டாவது உயிரொலி இரண்டாம் ஒலிச்செறிவுக்குச் சக்தியின் உயர்ந்த நிலையிலிருந்து மெய்யொலிக்கு சக்தியின் மிகத் தாழ்ந்த அல்லது பூஜிய நிலைக்குக் கிட்டத்தட்ட உடனடியான மாற்றம் இருக்கின்றது. இந்தப் பண்புக்கூறுகள் படம் 45-இன் ஒலிநிறமலை வரைபடங்களில் தெளிவாகத் தெரியும்.

படம் 45: மூக்கொகொலிகளைக்கொண்ட அசைகளின் நிறமாலை வரைபடம்(Fry 1979: 118)



மூக்கு மெய்யொலிகளில் மூக்குக்கிளைத் திறக்கும் காலகட்டத்தில் பேச்சுக் குழல் மூடப்படுகின்றது. ஒலியை வெளிக்காற்றில் செலுத்துவதில் மூக்குத்துவாரங்கள் வாயைவிட குறைந்த செயலாக்கம் உள்ளது ஆகும். இதன் காரணமாக மூக்கு மெய்யொலிகளின் பொதுவான கடுமை நிலை உயிரொலிகளின் பொதுவான கடுமை நிலையை விடக் காணத்தக்க அளவு குறைவாகும். இதை ஒலிநிறமலைப் படங்களில் மங்கிய சுவடுகளிலிருந்து காணலாம்.

படத்தில் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ள பலவகைப்பட்ட மூக்கு மெய்யொலிகளின் ஒப்பீடு அவற்றை வேறுபடுத்தும் பண்பு ஒலியூக்க அல்லது ஒலிச்செறிவு கெட்டிவரைகளில் (bars) இல்லை என்று காட்டும். அவைகள் எல்லாவற்றிற்கும் F1 மிககுறைந்த நிகழ்வெண் பட்டையிலும் இரண்டாவது ஒலிச்செறிவு உயிரொலி F3இன் நிகழ்வெண்ணிலும் இருக்கும். இம்மூன்று மூக்கு

மெய்யொலிகளையும் வேறுபடுத்துவதற்கான முக்கியமான பண்புக்கூறு ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணின் (formant frequency) விரைவான மாற்றத்தில் காணப்படுகின்றது. இந்தத் தற்போதைய சூழலில் F2இன் கடந்து செல்லும் மாற்றம் (transition) முக்கியமானதாகும். ஈரிதழ் ஒலி [m] அது முன் வருகிறதா அல்லது இறுதியில் வருகிறதா என்பதைப் பொறுத்து தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணிலிருந்து அல்லது தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணுக்கு F2இன் கடந்து செல்லும் மாற்றத்தை உருவாக்குகின்றது. அண்பல் ஒலி [n] கடந்து செல்லும் மாற்றத்தை உட்படுத்தாது. கடையண்ண ஒலி [ŋ] உயர்ந்த நிகழ்வெண்ணிலிருந்து அல்லது உயர்ந்த நிகழ்வெண்ணுக்கு கடந்து செல்லும் மாற்றத்தைக் காட்டும்.

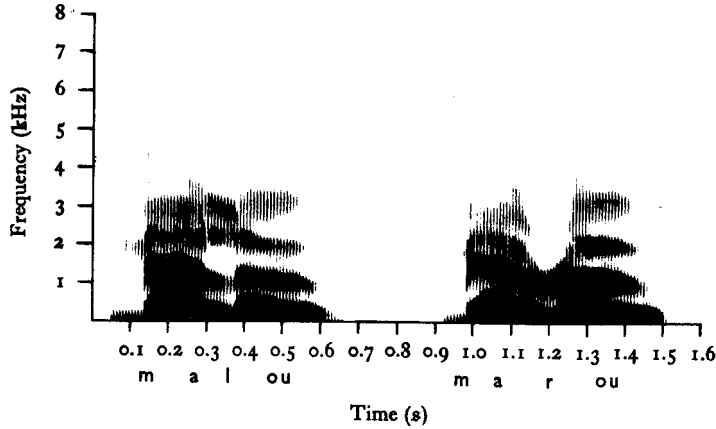
2.10.2.2. [j] மற்றும் [w] ஓசைகள்

நிறமாலை வரைபடங்களிலிருந்து (படம் 44) [j] மற்றும் [w] என்ற அரை உயிர்கள் முறையில் [i] மற்றும் [u] என்பவற்றின் ஒலிச்செறிவு இருப்பிலிருந்து அவற்றைத் தொடர்கிற உயிரொலிக்கு செல்லும் உடன்படுத்திகளாகும் என்று கண்டோம். இந்த உடன்படுத்திகள் ஒலிச்செறிவு கடப்புகளாகும் (formant transitions); அதாவது ஒரு ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணிலிருந்து மற்றொன்றுக்குக் கடந்து செல்வதாகும் இந்த மாற்றம் மூக்கொலி+உயிரொலி தொடர்ச்சியில் உள்ள கடத்தல் மாற்றத்தைவிட மெதுவானதாகும். பிந்தையது (மூக்கொலி கடப்பு) 25 மி.செ. எடுக்க மாறாக முந்தையது (அரை உயிர் கடப்பு) 100 மி. செ. எடுக்கும்.

தெற்கத்திய ஆங்கிலத்தில் (southern English) ஒலிகளின் வேறு இரண்டு வகுப்புகள் அரை உயிர்களைப் போன்றவை ஆகும். அவை [r] மற்றும் [l] என்ற ஒலிகளாகும். ஓரளவுக்கு வளைநா ஒலித்தன்மையின் அலையுடன் ஒலிக்கப்படும் உராய்வில்லாத [r] நடுநிலை உயிரிலிருந்து அதைத் தொடரும் உயிரொலியைக் நோக்கிச் செல்லும் உடன்படுத்தியாகும். எனவே இது வளைநா ஒலித்தன்மையுள்ள உயிரொலி அமைப்பொழுங்கிலிருந்து விலகி மற்றும் அமைப்பொழுங்கை நோக்கிச் செல்லும் ஒலிச்செறிவு கடப்புகளால் பண்பாக்கம் செய்யப்பட்டிருக்கின்றது. [r] ஒழுங்கமைப்பின் முக்கியமான பண்புக்கூறு F3, F2 மற்றும் F1இல் உள்ள அடையாளப்படுத்தப்பட்ட கடப்பாகும். முன்னரும் பின்னரும் வரும் உயிர்களுடன் தொடர்புடைய மெய்யொலிக் கடப்புகளின் உயிரிடை இடம் (intervocalic position) 'marrow' என்பதன்

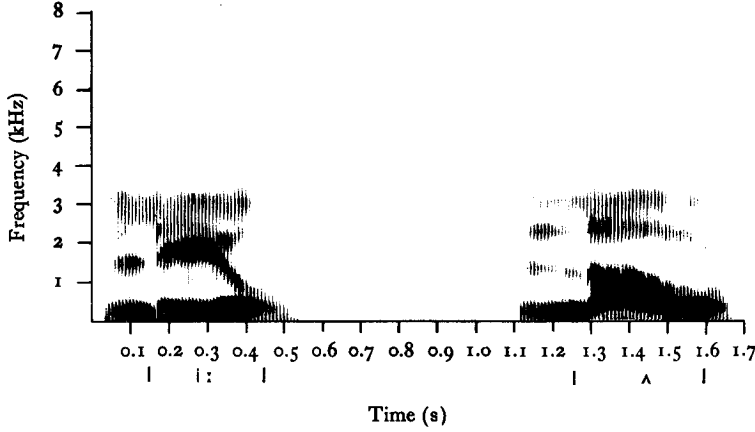
ஒலிவரணனைப் படத்தில் தெளிவாகத் தெரிகின்றது. அவை ஒத்தறி அடிப்படையில் மெதுவாக நடக்கின்றது. ஆனால் [j] மற்றும் [w] என்பவைகளிலிருந்து கொஞ்சம் கூடுதலான விரைவில் நடக்கின்றது.

படம் 46: marrow மற்றும் mallow என்பவைகளின் ஒலிநிறமாலை வரைவுகள் (Fry 1979: 120)



இந்த அமைப்பொழுங்கை 'mallow' என்ற சொல்லில் வரும் உயிரிடை [l] உடன் ஒப்பிடலாம். இதில் கடப்புகள் [r] என்பதற்கான கடப்புகளிலிருந்து குறைந்த நீட்சியுடனும் குறைந்த மெதுவானதன்மையுடனும் நிகழ்கின்றது. இது குறிப்பாக உயிரிடை [l]இல் உடனடியாக கடப்புகள் இருக்கும் F1இல் தெரிகின்றது. முக்கியமான வேறுபாடு F3இல் இருக்கின்றது. இது 'marrow' என்பதன் உயிரிடை [r]இல் உள்ள F3இன் நீட்சியான கடப்புக்கு முரணாக நிகழ்வெண்ணில் எந்த மாற்றத்தையும் காட்டாது. எல்லா கடப்புகளும் முன்வரும் அல்லது தொடர்ந்து வரும் உயிரொலிகளின் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களால் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது.

படம் 47: leal மற்றும் lull என்பவைகளின் நிறமாலை வரைவுகள் (Fry 1979: 121)



2.10.2.3. உராய்வு இரைச்சல் (friction noise)

மேற்சொன்னவை தவிர்த்த பிற மெய்யொலிகள் இரைச்சல் (noise) இருப்பதாலோ அல்லது அவை ஒலி ஒழுக்கின் முழுத் தடையையும் உட்படுத்துவதன் காரணத்தாலோ உயிரொலிகளிடமிருந்து ஒலியியக்க அடிப்படையில் வேறுப்பட்டவை. நாம் முந்தைய பகுதியில் இருந்து ஒலிகளுடன் பொருத்தமுடைய நிறமாலைவரைபட அமைப்பொழுங்குளின் பொதுவான பண்புகளை பார்த்தோம்.

இரைச்சல் ஒலிவர்ணனைப் படத்தின் ஏதாவது பாகத்தில் ஒழுங்கற்றுத் தரப்பட்டிருக்கும் சக்தியைக் காட்டும் திட்டை (patch) உருவாக்கும். அடைப்பொலியின் காரணமான தடை நிறமாலைவரைபடத்தில் வெற்றுச் திட்டைப் (blank patch) புகுத்தும். நிகழ்வெண் அச்சில் இரைச்சல் சுவட்டின் நீட்சியும் இடமும் பேச்சுக்குழலின் இறுப்பு விளைவைப் (filtering effect) பிரதிபலிக்கும். கால அச்சில் இரைச்சலின் நீட்சி உராய்வொலிகளுக்கு மிகக் கூடுதலாகும். அடைப்பொலிகளின் விடுவிப்பால் நேரும் இரைச்சல் வெடிப்புகளுக்கு (noise bursts) குறைவாகும். உராய்வு அடைப்பொலி (affricates) அடைப்பு வெடிப்புகளைவிட நீண்ட கால ஓசையைக் (noise of longer duration) காட்டுகின்றது. ஆனால் அதீத சூழலில் உராய்வெலியைவிட குறைந்த கால-இரைச்சலைக் காட்டுகின்றது.

உராய்வு இரைச்சலின் கடுமையின் வேறுபாடுகள் இரைச்சலால் எடுக்கப்பட்ட நிகழ்வெண் பட்டையின் அகலத்தின் செயல்பாடாகும். பட்டை அகலமாக இருந்தால் மொத்தக்

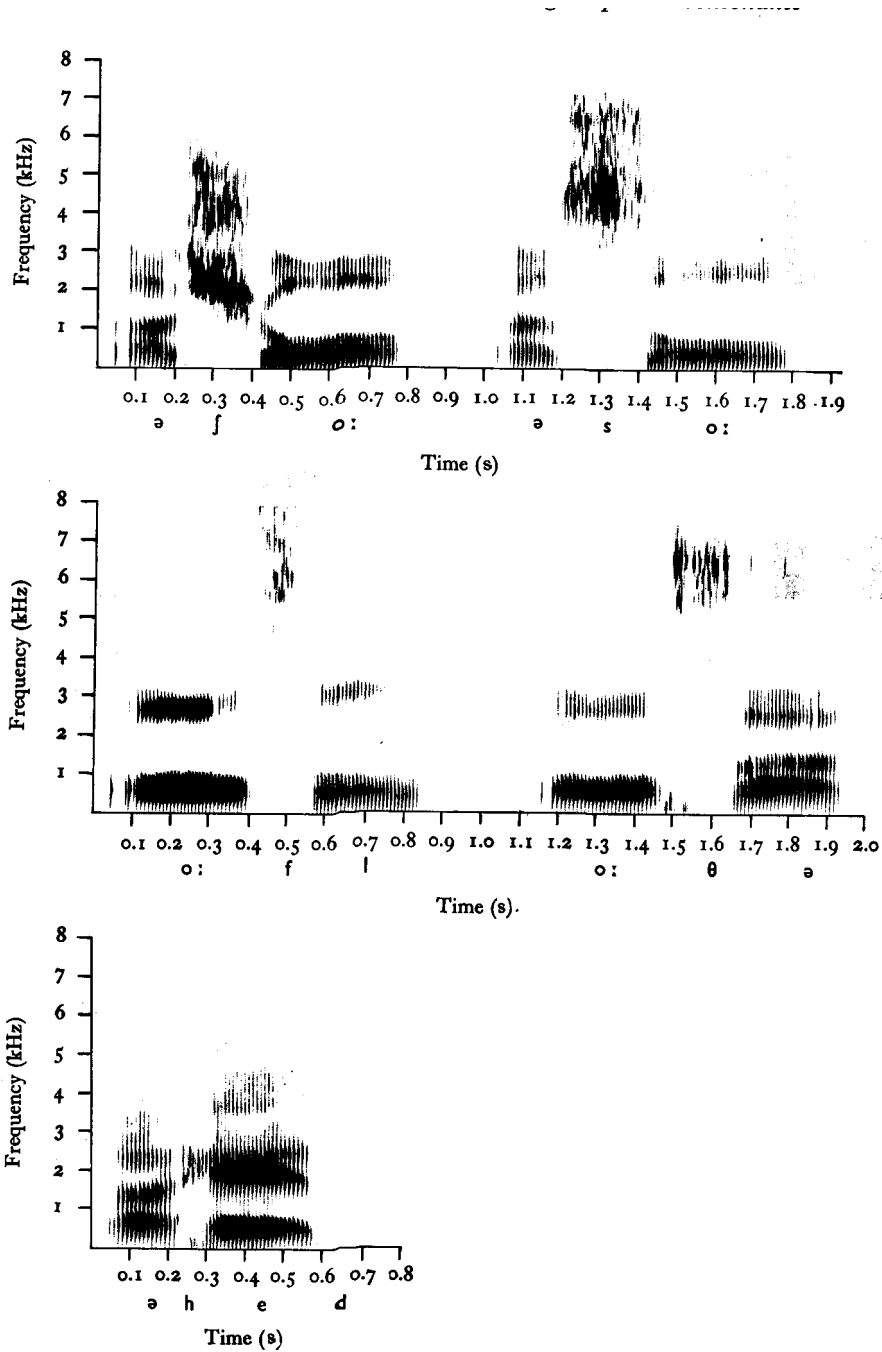
கடுமை கூடுதலாகும். குரல் ஒலிக்கும் குரலிலா ஒலிக்கும் இடையில் உள்ள சில வேறுபாடுகள் ஆயப்பட்டுள்ளன. உராய்வு இரைச்சல் குரலொலியாக இருந்தால் அதன் கடுமை குறைவாக இருக்கும் போக்கு இருக்கின்றது. ஏனென்றால் சிறிது சக்தி தொண்டை சுர உருவாக்கியால் (larynx tone generator) பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

2.10.2.4. ஆங்கில உரசொலிகள் (The English fricative consonants)

உரசொலிகளுக்கு வழக்கமான அமைப்பொழுங்குகளை எடுத்துக்காட்டுவதற்கு வேண்டி மெய்யொலிகளின் தொடக்கம் மற்றும் இறுதியைக் காண்பதற்காக உயிரிடை இடத்தில் வரும் குரலொலி மற்றும் குரலிலா ஒலிகளின் இணைகளைக் கொண்ட எடுத்துக்காட்டுகளை நாம் பயன்படுத்துகிறோம். படம் 48 [ʃ], [s], [f], [θ] மற்றும் [h] என்ற ஐந்து உரசொலிகளின் ஒலிநிறமாலைவரைபடங்களைத் தருகின்றது. முதல் நான்கும் பேச்சுக்குழல் இறுப்பானால் கடத்தப்பட்ட ஓசைப்பட்டையின் தொடர்ச்சியான குறுக்கலை எடுத்துக் காட்டுகின்றது. [ʃ]இல் இரைச்சல் சக்தி நிகழ்வெண் அளவுகோலில் (frequency scale) தாழ்ந்த இடத்தில் அதாவது 1800-2000 Hzஇல் தொடங்குகின்றது மற்றும் மேல் நோக்கிக் கருதத்தக்க தூரத்திற்கு, அதாவது 6000 Hzக்கும் அதற்குமேலும் நீளுகின்றது. [s]இல் இறுப்பான் 4000க்கும் கீழான பெரும்பாலான இரைச்சல் சக்தியை அழுக்கி விடுகின்றது. ஆனால் பட்டை மேல் நோக்கி 8000 Hz வரை நீளுகின்றது. [f] உம் [θ] உம் 6000 Hz இலிருந்து 8000 Hz வரை உள்ள உயர்ந்த நிகழ்வெண்ணில் முதன்மையான இரைச்சல் சக்தியைக் கொண்டிருக்கின்றது.

[h] ஒலி பிற உரசொலிகளிலிருந்து வேறுபட்ட பண்பைக் கொண்டிருக்கின்றது. ஏனென்றால் இதில் இரைச்சல் உருவாக்கி (noise generator) தொண்டையின் மட்டத்தில் இருக்கின்றது; மற்றும் இந்த ஒலி குசுகுசுக்கப்பட்ட உயிரின் இயல்பைக் கொண்டிருக்கின்றது. இதில் இரைச்சல் இருந்தாலும் இது இதைத்தொடரும் உயிரொலியின் ஒலிச்செறிவுகளுடன் நிகழ்வெண்ணில் மிக அண்மைப்பட்டு பொருத்தமுடைய ஒலிச்செறிவு அடையாளப்படுத்தப்பட்ட கெட்டிக்கோடுகளைக் கொண்டிருக்கின்றது.

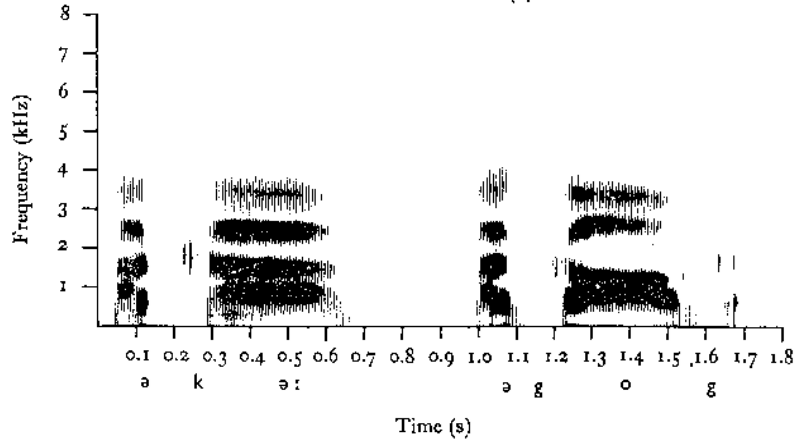
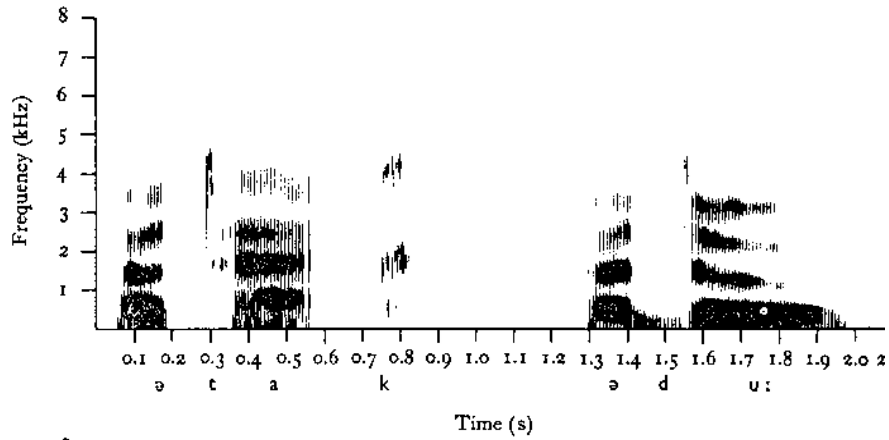
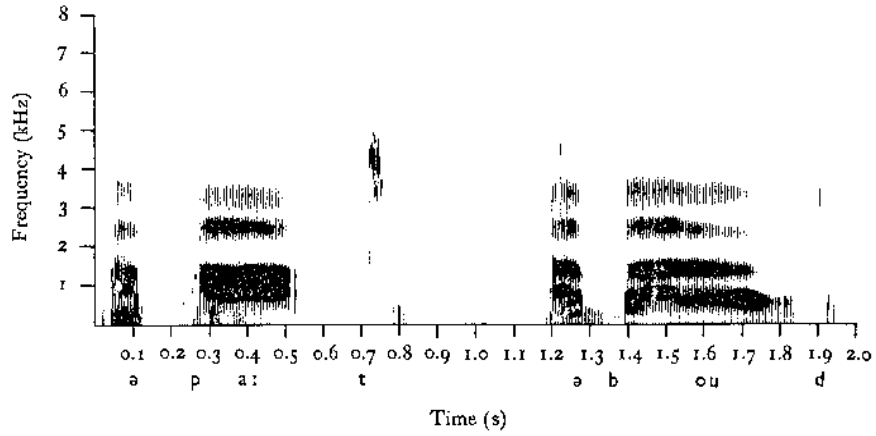
படம்48: உயிரொலிகளுக்கு இடையில் வரும் ஆங்கில உரசொலிகளின் நிறமாலை வரைவுகள் (Fry 1979: 123)



2.10.2.5. ஆங்கில அடைப்பொலிகள் (The English plosive consonants)

அடைப்பொலியின் நேர்வு மெளனத்தாலோ ஓரளவுக்கு மெளனத்தாலோ அடையாளப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். அடைப்பு விடுவிக்கப்பட்டால் இது ஓசையின் குறைந்த வெடிப்பால் தொடரப்படும். ஒலியின் இந்தப் பாகங்களின் கால அளவு கூற்றின் வேகத்தைப் பொறுத்து இருக்கின்றது. மெளனம் 70 மி.செ.க்கும் 200 மி.செ.க்கும் இடைப்பட்ட கால அளவில் நீளும். இது குரலிலா ஒலியை விட குரலொலியில் குறைவாகும். ஓசையின் வெடிப்பு ஒலிக்கு உயிர்ப்பு (aspiration) மிகக்குறைவாகவோ அல்லது இல்லாதோ இருக்கும் போது மிகக்குறைவான கால அளவு கொண்டிருக்கும். இங்கு இது 10 அல்லது 15 மி.செ. என்ற நிரக்கில் இருக்கும். வெடிப்பின் போது ஓசை சக்தி வண்ணப்பட்டை முழுவதும் (spectrum) பரவும். ஆனால் சக்தியின் உச்சங்கள் மெய்யொலியின் ஒலிப்பிடத்தைப் பொறுத்து வேறுபட்ட நிகழ்வெண் இடங்களில் நிகழும் சாத்தியம் இருக்கின்றது. ஈரிதழ் ஓசைகளில் [p] மற்றும் [b]இல் உச்சம் பொதுவாகத் தாழ்ந்த நிகழ்வெண்களில் அதாவது 600-800 Hzஐ ஒட்டி இருக்கும். கடை அண்ண ஒலிகளுக்கு (velar sounds) 1800-2000 Hz இடத்தில் நிகழும். அண்பல் ஒலிகளுக்கு (alveolar sounds) உயர்ந்த நிகழ்வெண்களில் அதாவது 4000 Hzஐ ஒட்டி இருக்கும். குரலொலிகளான [b], [d] மற்றும் [g] என்பனவற்றில் ஓசையின் வெடிப்பின் கடுமை குரலொலிலா ஒலிகளான [p], [t], [k] என்பனவற்றைவிட மிகக் குறைவு. அடைப்பொலிகளின் இந்த பல்வேறுபட்ட பண்புக்கூறுகளைப் படம் 49இல் காட்டப்பட்டுள்ள ஒலிநிறமாலைவரைவு எடுத்துக்காட்டுகளில் காணலாம்.

படம் 49: ஆங்கில அடைப்பொலிகளின் நிறமாலைவரைவுகள்(Fry 1979: 124)

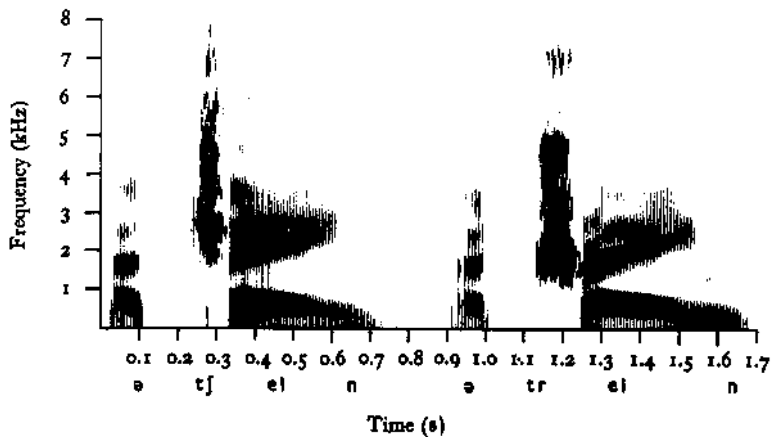


2.10.2.6. ஆங்கில அடைப்புரசொலிகள் (The English affricates)

அடைப்புரசொலியின் ஒலிப்பு பேச்சுக்குழலின் எதாவது ஒரு பாகத்தில் (அடைப்பொலி போல) முழு அடைப்பையும் விடுப்பு நேரும் இடத்தில் உரப்பு ஓசையின் உற்பத்தியையும் கொண்டிருக்கும். ஆங்கிலத்தில் இரண்டு அடைப்புரசொலிகளின் இணைகள் இருக்கின்றன. நான்கு அடைப்பு உரசொலிகளுக்கும் அடைப்பு அண்பல்லில் நிகழ்கின்றது. *Chain* மற்றும் *Jane* என்பதன் தொடக்க ஒலிகளான [tʃ] மற்றும் [dʒ] என்பவைகளில் உராய்வு இரைச்சல் *shame* என்பதன் தொடக்க ஒலி போல இருக்கும். அதாவது பேச்சுக்குழல் இறுப்பான் 1800-2000 Hz இல் இரைச்சல் சக்திக்குக் குறைந்த மட்டத்தைப் புகுத்துக்கின்றது. இந்தக் கட்டுப்பாட்டை அடைய தனியான [t] மற்றும் [d] விட சிறிது கூடுதல் பின்னால் அடைப்புரசொலியின் அடைப்பு நேரவேண்டும். *train* மற்றும் *drain* என்பவற்றின் தொடக்க ஒலிகளான [tr] மற்றும் [dr] என்பவைகளுக்கு ஒலிப்பு நாக்கின் முனை வளைநா ஒலித்தன்மை பெற்ற [r] என்ற தொடரி (continuant) போன்றதாகும். அடைப்பு சிறிது கூடுதல் பின்னால் செய்யப்படுகின்றது. மற்றும் உராய்வு [r] இன் உராய்வு வகையாகும். இபோது இரைச்சலுக்கு 1200 Hz இல் தாழ்ந்த நிகழ்வெண் மட்டம் இருக்கின்றது.

அடைப்புரசொலியில் அடைப்பில் கால அளவு தனிநிலை அடைப்பொலியைப் போலவும் அதே இடத்திலும் இருக்கும். ஆனால் அடைப்பின் விடுப்பை அடையாளப்படுத்தும் ஓசையின் வெடிப்பை விட உராய்வு கூடுதல் நேரம் நிகழும்.

படம் 50: ஆங்கிலக் குரலிலா அடைப்புரசொலிகளின் நிறமாலைவரைவுகள் (Fry 1979: 125)



2.10.3. ஆங்கில ஒலிகளின் ஒத்தறிக் கடுமை

பேச்சின் பல எண்ணிக்கையிலான கடுமை அளவீடுகளை எடுத்துக்கொண்டும் சராசரியைக் கணித்துக்கொண்டும் பொதுவான கடுமை மட்டத்திற்கு மதிப்பீட்டைப் பெறலாம்; எடுத்துக்காட்டாக பேசுவரிலிருந்து 1 மீட்டர் தூரத்திலுள்ள உரையாடல் பேச்சு நோக்கீட்டு மட்டத்திலிருந்து (reference level) கிட்டத்தட்ட 60 டெசிபெல் மேலே இருக்கின்றது. பேசுபவர் உரப்பாகப் பேசும்போது அவர் இந்த சராசரி மட்டத்தை உயர்த்துகின்றார்; அவர் மென்மையாகப் பேசுகையில் மட்டம் குறிப்பிட்ட சில டெசிபெல்கள் குறைகின்றது. இருப்பினும் பேச்சின் அசை அமைப்பின் மீது பதில்விளையும் கடுமையில் குறுகியகால ஏற்றவிறக்கம் வேறுபட்ட மொத்த கடுமை மட்டங்களுக்கு மிக ஒத்திருக்கிற அமைப்பொழுங்கைக் காட்டும் போக்கைக் காட்டுவது கண்டுகொள்ளப்படுகின்றது; அதாவது நாம் ஒரு கூற்றில் அடுத்தடுத்து வரும் ஒலிகளுக்கு இடையேயுள்ள டெசிபல் வேறுபாட்டை அளந்தால் உரத்த பேச்சிலும் உரையாடல் பேச்சிலும் மென்மையான பேச்சிலும் மதிப்பீடுகள் கிட்டத்தட்ட ஒன்றாக இருக்கும்.

மொழி ஒழுங்குமுறையை உருவாக்கும் ஒலிகளுக்கு இடையேயுள்ள மரபுரிமையான வேறுபாடுகளில் ஒன்று தெளிவாக மொத்த கடுமையாகும். ஒலியியக்க வேறுபாடுகள் ஏறக்குறைய நிரந்தரமான வழியில் பேச்சுக் குழலின் பரிமாணங்களை மாற்றும் ஒலிப்பு இயக்கங்களின் விளைவாக இருப்பதால் ஒலிகளின் சமமான கோர்வை கடுமையில் ஒத்த ஏற்ற இறக்கங்களை உருவாக்கும் போக்கு இருக்கவேண்டும். எனவே கடுமை அளவீடுகளின் மிகப்பெரிய எண்ணிக்கையை எடுத்துக்கொண்டு ஆங்கில ஒழுங்குமுறையின் ஒலியன் அலகுகளுக்குப் பெருத்தமான ஒலிகளின் கடுமை வேறுபாடுகளுக்கிடையில் சராசரி மதிப்பீட்டைப் பெறுவது சாத்தியமாகும். அட்டவணை5இல் *thin* என்பதிலுள்ள [θ]வின் கடுமையை நோக்கீடாகக் கொண்டு சராசரி மதிப்பீடுகள் தரப்பட்டுள்ளன; இது மிகத் தாழ்வான கடுமை உள்ள ஆங்கில ஒலியாகும்; எனவே இந்த ஒலிக்கு மதிப்பீடு தரப்படவில்லை. பிற எல்லா ஒலிகளுக்கும் இந்த நோக்கீட்டு ஒலிக்கும் இடையிலுள்ள கடுமையின் சராசரி வேறுபாடு டெசிபல்களில் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளது; ஒலிகள் கடுமையில் இறங்குமுகமான நிரலில் வரிசைப் படுத்தப்பட்டுள்ளன.

எந்தப் பேச்சின் நீட்சியிலும் உயிரொலிகள் காலத்தின் பெரும் பாகத்தை ஆக்கிரமிக்கின்றது; இது மட்டங்களின் உயர்ந்த கடுமைக்குக் காரணமாகும்; எனவே அவை

கடுமையின் நீண்ட காலச் சராசரிக்கு அதிகப் பங்களிப்பு செய்கின்றது. இந்தச் சராசரி மதிப்பீடு 60 டெசெபல் என்று வைத்துக்கொண்டால் அதிகக் கடுமையான உயிர் ஒலிகள் இதற்கு மேல் சில டெசிபெல் அதிகமாகப் பதிவுசெய்யும்; [0:] 65 டெசிபலில் பதிசெய்யப்படலாம்; தாழ்ந்த கடுமை உள்ள ஒலிகளின் இடையீடு சராசரியை 60 டெசிபெல்லுக்குக் கொண்டுபோகும்; மொத்தக் கடுமை 70 டெசிபெல் உயர்வாகவோ 50 டெசிபெல் தாழ்வாகவோ இருந்தால் மட்டங்களின் ஒத்த வினியோகம் இருக்கும். எல்லா உயிர் ஒலிகளும் அட்டவணையில் முதலில் வரும்; திறந்த உயிரொலி முதலிலும் மூடிய உயிரொலி அடுத்ததாகவும் வரும். அட்டவணையில் குறிப்பிடப்படாத ஈருயிரிகள் ஏறக்குறைய அவற்றின் தொடக்க உயிர்களின் கடுமை மட்டத்தைக் கொண்டிருப்பதாக எடுத்துக்கொள்ள இயலும். உயிரொலிகளுக்குப் பின்னர் உயிரொலி போன்ற ஒலிகள் வரும்; ஆங்கிலத்தில் அசைச்செயல்பாடு கொண்ட ஒலிகளும் இதில் உட்படும். கருத்தக்க இரைச்சல்-பட்டை அகலம் கொண்ட [] அட்டவணையில் அதன் உயர்ந்த நிலைக்குக் காரணமாகும். அட்டவணையின் மறுமுனையில் நாம் உரசொலிகளையும் வெடிப்பொலிகளையும் காணலாம். எனவே ஓரசை போன்ற *thought* என்பதில் கேட்பவர் கடுமையில் கிட்டத்தட்ட 30 டெசிபல் தாழ்வை நேரிடுவர்.

அட்டவணை 5: ஆங்கில ஒலிகளின் ஒத்தறிக்கடுமை (டெசிலலில்)

o:	29	m	17
o	28	tʃ	16
a:	26	n	15
ʌ	26	dʒ	13
ə:	25	ʒ	13
a	24	z	12
u	24	s	12
e	23	t	11
i	22	g	11
u:	22	k	11
i:	22	v	10
w	21	ð	10
r	20	b	8
j	20	d	8
l	20	p	7
ʃ	19	f	7
ŋ	18	θ	—

2.11. பேச்சொலிகளை அறிந்துகொள்வதற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் (Acoustic cues for the recognition of speech sounds)

பேச்சின் ஒலிகள் மிகப்பெரிய அளவில் வேறுபடுவன. அதாவது பல எண்ணிக்கையிலான வேறுபட்ட பேசுபவர்கள் ஒரே சொல்லைப் பல தடவை உச்சரித்தால் இந்த ஒலிகள் ஒலியியக்க அடிப்படையில் பல வழிகளில் வேறுபடும். இருந்தாலும் நம்முடன் கூறப்பட்ட சொல்லைப் புரிந்துகொள்வதில் சிக்கல் வருவது மிக அரிதாகும்; ஒலியியக்கக் குறிகைகளில் (acoustic signals) வேறுபாடுகளின் அகன்ற பரபெல்லையில் செய்தியை வாங்கும்போது சரியான பதிலை/தீர்மானத்தை அடைவதில் கேட்பவராக நமக்கு நல்ல பயிற்சி இருக்கின்றது. இதை செய்வதற்கான நமது திறமைக்கு இரண்டு காரணிகள் இருக்கின்றன: முதலாவது யாராவது நம்மிடம் கேட்கும் போது அவர் என்ன பேசப்போகிறார் என்பதைப்பற்றி நமக்கு எதிர்பார்ப்பு இருக்கும்; மொழிபற்றிய நமது அறிவால் நாம் செய்தியை ஏறக்குறைய ஊகம் செய்ய இயலும். இம்மாதிரி முன்னரே ஊகம் செய்யச் செய்யும் பேச்சுமற்றும் மொழியின் பண்பு மிகை (redundancy) எனப்படும். பேச்சுச் செய்தியும் மிகைமையைக் காட்டும். அவை செய்தியைப் புரிந்து கொள்ளத் தேவையான தகவலைக் காட்டிலும் கூடுதல் தகவலை உள்ளடக்கி இருக்கும். நமது காதுகளை அடையும் ஒலி அலைகள் 30 இலிருந்து 10000 Hz நிகழ்வெண்களைக் கொண்டிருக்கும். அவை 30 dB அல்லது அதற்குக் கூடுதல் பரப்பெல்லை வரையிலான கடுமை வேறுபாடுகளைக் கொண்டிருக்கும். நிகழ்வெண்ணிலும் கடுமையிலும் மாற்றங்கள் ஒரு செகண்டில் பல தடவைகள் நடக்கின்றது. இந்த எல்லா ஒலியியக்கச் செய்திகளும் பேச்சுச் செய்திகளைக் குறியத்திறவு (decode) செய்யத் தேவை இல்லை. பேச்சில் உள்ள வேறுபாடுகளைக் கையாளுவதில் நமக்கு வெற்றியைத் தரும் இரண்டாவது காரணி இந்த தகவலின் பெரும்பான்மையான விகிதத்தை விட்டுவிட்டுத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளில் நமது கவனத்தைக் குவிக்கும் திறமையாகும். X என்ற ஒலிக்கும் y என்ற ஒலிக்கும் இடையில் உள்ள வேறுபாட்டைத் தீர்மானிக்க நாம் பயன்படுத்தும் பண்புக்கூறுகளை ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் (acoustic cues) என்கின்றோம்.

2.11.1 ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் செயல்பாடு (The function of acoustic cues)

செற்கள் ஒலியன்களின் கோர்வையால் ஆனதாக அறியப்படுகின்றது. பேச்சை ஏற்கும் முதல் செயல்முறை ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலியன் வகைப்பாட்டை உருப்படுத்தும் செய்வதாக உள்வரும் ஒலிகளைக் கண்டுப்பிடிப்பதாகும். ஒரு மொழியின் முழு ஒலியனியல் ஒழுங்குமுறை உறவுகளின்

தன்னிறைவான ஒழுங்குமுறையாக நடைபெறுகின்றது. அதாவது ஒரு ஒலியைப் புரிந்து கொள்ளுதல் அதை ஒரு ஒலியன் வகைப்பாட்டை சார்ந்த ஒன்றாகக் கண்டு கொள்வது மட்டுமல்ல, அது பிற ஒலியன் வகைப்பாட்டைச் சார்ந்ததல்ல என்பதைத் தீர்மானிப்பது ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டாக /p/ என்ற ஒலியனாக வகைப்படுத்தப்படும் ஆங்கில ஒலி, ஈரிதழ் மெய்யொலியாக அறியப்படுகின்றது. மேலும் ஈரிதழ் குரலொலியான /b/இலிருந்தும், ஈரிதழ் முக்கொலியாக /m/இலிருந்தும் வேறுப்பட்டதாகவும் அறியப்படும். இந்த உறவுகள்தான் ஒலியனியல் ஒழுங்குமுறையின் சட்டகத்தை உருவாக்குகின்றது. ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் இந்த உறவுகளைப் பற்றிய தீர்மானங்களை எடுப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எனவே ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் பௌதீக அளவுகளுக்கு (physical quantities) இடையிலுள்ள உறவுகளைச் சார்ந்திருக்க வேண்டும்; முழு மதிப்புகளுக்கு இடையிலுள்ள உறவுகளைச் சார்ந்திருக்கத் தேவையில்லை. குழந்தையின் உயிரொலி ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்கள் ஒரு ஆடவரைவிடக் கூடுதலானது. இருப்பினும் நாம் குழந்தையின் உயிர் ஒலிகளையும் ஒரு ஆடவரின் உயிரொலிகளைப் போலவே வகைப்பாடு செய்கின்றோம். ஏனென்றால் நாம் ஒலிச்செறிவுகளுக்கிடையிலான உறவுகளைச் சீர்தூக்கிப் பார்க்கின்றோம். அவற்றின் முழு நிகழ்வெண்ணைச் (absolute frequency) சீர்தூக்கிப் பார்க்கவில்லை. எந்த ஒரு ஒலியின் கண்டுப்பிடிப்புக்கும் பொதுவாகப் பல ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் தேவை.

நாம் /p/ஐ /b/லிருந்தும் /m/இலிருந்தும் /w/இலிருந்தும் வேறுபடுத்தி அறிந்தால் நாம் அதே ஒலியிக்கத் தகவலின் பலத்தால் அதைச் செய்ய இயலும் என்பதில்லை. கேள்விக்குறிய ஒலி /p/ வகை-வகைப்பாட்டைச் சார்ந்தது என்ற உறுதியான தீர்மானத்திற்கு வர நமக்கு பல ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் கூட்டிணைப்பு தேவை. ஒவ்வொரு சூழலிலும் நாம் ஒரே ஒலியியக்கக் குறிப்புகளை அல்லது ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் கூட்டிணைப்பைப் பயன்படுத்துகின்றோம் என்பதில்லை. இது செய்தியின் மிகையைச் சார்ந்திருக்கின்றது. சில சூழல்களில் ஒரு தீர்மானத்திற்கு வர ஒரு தனி ஒலியியக்கக் குறிப்பு போதுமானது.

ஒலியியக்கக் குறிப்பின் முக்கியமான தகுதி அது கேட்பவரை சரியான தீர்மானம் எடுக்க வகை செய்ய வேண்டும்; அதாவது பேசப்பட்ட சொல்லைச் சரியாக அறிந்துகொள்ள வேண்டும். இந்த உண்மை பின்பற்றப்படுவதுவரை ஒரு தனிப்பட்ட கேட்பவர் தான் விரும்புகிற எந்த

ஒலியியக்கக் குறிப்பையும் பயன்படுத்தலாம். ஒவ்வொருவரும் தத்தம் மொழிகளுடன் தொடர்பாகப் பயன்படுத்தும் குறிப்புகளைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக ஆங்கிலக் கேட்பவர்கள் எல்லோரும் தரப்பட்டுள்ள வேறுபாட்டிற்கு ஒரே குறிப்புகளைப் பயன்படுத்தவில்லை என்பதற்குப் போதுமான சான்று இருக்கின்றது. இருப்பினும் ஒருவர் எதிர்பார்ப்பது போல் இந்த வகையில் ஒரு மொழியின் பயன்பாட்டாளர்களுக்கு இடையில் போதுமான அளவு பொது ஆதாரம் இருக்கின்றது.

2.11.2 . ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் மீதான பரிசோதனைகள் (Experiments on acoustic cues)

நமது காதுகளை அடையும் பேச்சு ஒலி அலைகள் ஒலியன் தொடர்பான தீர்மானங்களைச் செய்யத் தேவையில்லாத கூடுதல் தகவல்களை அடக்கியிருக்கும். இந்தக் கூடுதல் செய்தி அடங்கிய தரவிலிருந்து இந்த நோக்கத்திற்கு எதைப்பயன்படுத்த அது அறிந்து கொள்கின்றதோ அந்தத் தகவல்களை அது எடுத்துக் கொள்ளும். ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் தேடல் ஆராய்ச்சி எந்த வழியிலாவது இந்த முக்கியத் தகவல்களைக் கண்டுபிடித்தலாகும். ஒலிவர்ணனை படக்கருவியின் கண்டுபிடிப்பும் இந்த திசையிலான முயற்சியாகும்.

பேச்சின் அமைப்பொழுங்கைக் காட்சியாக மாற்றுவதால் அதன் மூலம் ஒலிகளை அறிந்து கொள்வதற்கான முக்கியப் பண்புக்கூறுகளைக் கண்டுகொள்ள இயலும் என்று நம்பப்படுகின்றது. ஒலிவர்ணனைப்பட ஆய்வு குறிப்பிட்ட ஒலியில் இருக்கிற சில பண்புக்கூறுகளைக் கூறுகின்றது. மேலும் அந்த பண்புக்கூறு ஒரே விதமான ஒலிகளில் மீண்டும் மீண்டும் வருவதையும் கூறுகின்றது. இருப்பினும் இந்த பண்புக்கூறைத்தான் கேட்பவர்கள் உண்மையிலேயே ஒலியியக்கக் குறிப்பாகப் பயன்படுத்துகின்றனர் என்பதைத் தீர்மானமாக ஒலிவர்ணனைப்படம் கூறவில்லை. ஏனென்றால் ஒலிவர்ணனைப்படக் கருவிகளுக்கு நாம் அனுப்பும் எந்தப் பேச்சும் முக்கிய ஒலியியக்கக் குறிப்பையும் வேறுபல சாத்தியமான ஒலியியக்கக் குறிப்புகளையும் கொண்டிருக்கும் தீர்மானமான சாட்சியைப் பெறுவதற்காகத் தரப்பட்ட ஒலியியக்க குறிப்பைத் தனியாகப் பிரித்தெடுத்து அது கேட்பவரின் தீர்மானத்தைத் தூண்டுகிறதா என்பதைக் காணவேண்டும். இதைச் செய்வதற்கான வழி பேச்சு உருவாக்கிகளின் (speech synthesizer) பயன்பாட்டால் உருவாக்கப்பட்டது.

பேச்சு உருவாக்கி மனிதத் தொண்டையின் உதவியோ பேச்சுக்குழலின் உதவியோ இல்லாமல் பேச்சு போன்ற ஒலிகளை உருவாக்கும் உபாயம் ஆகும். இந்த நோக்கத்திற்கு வேண்டி வேறுபட்ட பல வழிமுறைகள் செயல்படுத்தப்பட்டன. அடிப்படையில் எல்லா வழிமுறைகளும்

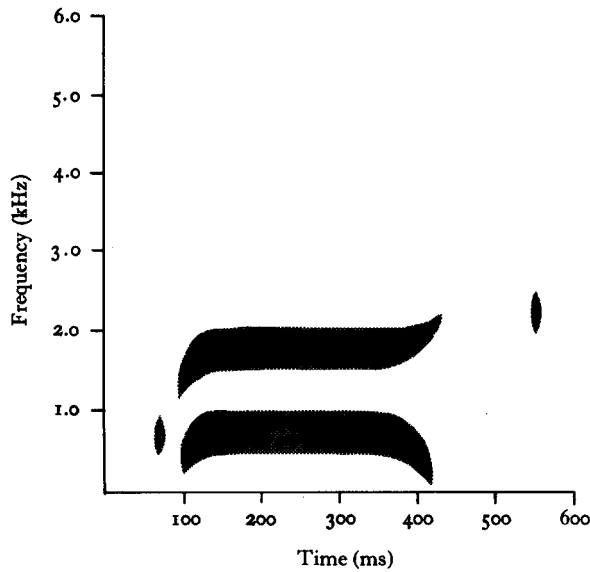
ஒலி அலைகளாக மாற்ற இயலும் மின் தூண்டல்களை (electrical impulses) உருவாக்கும் மின்னணுச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்துகின்றது. எந்தப் பேச்சு ஒலியையும் சைன் அலைகளின் கலப்பால் உருவாக்கலாம் என்று அறிவோம். மின்னணுச்சுற்றுகள் சைன் அலைகளை உருவாக்கும் வசதியான வழியாகும். எனவே போதுமான அளவு சுற்றுகளால் நாம் தேவையான கலவையை அமைத்துக் கொள்ள இயலும். முந்தைய பேச்சு உருவாக்கிகளின் ஒன்று இந்தக் கொள்கையைத்தான் கடைபிடித்தது. பின்னல் வந்த உபகரணங்கள் (devices) கலவைத்தன்மையான சுரத்தையும் இரைச்சலையும் (complex tone and noise) உருவாக்கச் சுற்றுக்களைப் பயன்படுத்துகின்றன; இவை மனிதப் பேச்சின் ஒலி மூலத்தையும் இறுப்பான்களையும் போலச் செய்து பேச்சுக்குழலின் விளைவுகளை மீள் உருவாக்க செய்கின்றன.

மேலும் பேச்சுக்குழலின் முக்கியமான பண்புக்கூறு பரிசோதிப்பானால் (experimenter) பேச்சுபோன்ற ஒலிகளின் எல்லா பரிமாணங்களையும் கட்டுப்படுத்த இயலும் என்பது தான். அதாவது நிகழ்வெண், கடுமை மற்றும் ஒலியிலுள்ள எல்லாக் கூறுகளின் கால அளவு என்பனவற்றை அண்மை எல்லைகளுக்குள் (close limits) ஒழுங்குபடுத்தலாம் (regulate) என்பதாகும். இதன் அர்த்தம் என்னவென்றால், முதன்முதலாகக் கேட்பவருக்கு எந்த ஒலியியக்கத் தகவல்கள் அனுப்பப்படுகின்றது என்பது பரிசோதிப்பானுக்குத் தெரியும்; இரண்டாவது இந்தத் தகவலை எந்தத் தேவையான திசையிலும் எந்த அளவிலும் மாற்றம் செய்யலாம். இதன் காரணமாக கேட்பவரின் பதில்களில்/பிரதிபலிப்புகளில் உள்ள மாற்றங்களை அறியலாம்.

இந்தக் கொள்கையை இம்மாதிரியான பரிசோதனைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்ற எளிய ஒலி வகைகளின் ஒலியியக்க வர்ணனைப் படங்களைப் பார்த்து அறிந்து கொள்ளலாம். ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் மரபுப் பரிசோதனைகளில் பல ஒலி இயக்க நிறமாலை வரைபடங்களைப் புரிந்து கொள்வதற்காக வடிவமைக்கப்பட்ட பேச்சு உருவாக்கிகளால் செய்யப்பட்டதாகும். அதாவது பேச்சு உருவாக்கி ஒலியியக்க வர்ணனை அமைப்பொழுங்கால் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட பண்புகளைக் கொண்ட பேச்சு போன்ற ஒலிகளை உருவாக்குகின்றது. இந்த அமைப்பொழுங்கு பேச்சின் உண்மையான ஒலியியக்க நிறமாலை வரைபடம்போல் சிக்கலாக இருந்தால் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒலிகள் உண்மையான பேச்சுபோல் இருக்கும். இது படம் 50இல் காட்டியுள்ளது போன்று மிக எளிய அமைப்பொழுங்கைக் கொண்ட ஒலிகளை உற்பத்தி செய்யும். இந்த அமைப்பொழுங்கு ஆங்கில மொழி கேட்பவரால் எளிதில் 'bag' என்று அறிந்து

கொள்ளக்கூடிய அசையை உருவாக்கும். இரண்டு அகலவரைகளும் (bars) உயிரொலிகளுக்குப் பொருத்தமான ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை உற்பத்தி செய்யும். இந்த அமைப்பொழுங்கின் தொடக்கத்திலும் இறுதியிலும் வருகிற குறுகிய ஒலிவெடிப்புகள் வெடிப்பொலிகளான [b] மற்றும் [g] என்பதன் விடுதலையை (release) பாவனை செய்கின்றது. ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களின் மாற்றங்கள் தேவையான ஒலிச்செறிவு நிலைமாற்றங்களைத் (transitions) தரும். இறுதி வெடிப்புக்கு முன்னால் உள்ள வெற்றிடம் [g] என்ற ஒலியின் அடைப்பைக் குறிப்பீடு செய்கின்றது. பரிசோதனைப் பார்வையின்படி/நோக்கின்படி இவ்வகையிலான ஒலிகளின் முக்கியத்துவம் என்னவென்றால் அவற்றைப்பேச்சாக எடுத்துக்கொள்ள இயலும்; மேலும் கேட்பவராலும் புரிந்துகொள்ள இயலும். இருப்பினும் இந்த ஒலியியக்க வர்ணனைப்படத்திலிருந்து தெளிவாகத் தெரிவது என்னவென்றால் ஒலியியக்கவர்ணனைப்படம் தரும் ஒலியியக்கத் தகவல் மனிதப் பேச்சை ஒப்பிடுகையில் மிக எளிமையாக்கப்பட்டது என்பதாகும். இதன் காரணமாக ஒரு ஒலியியக்கக் குறிப்பை மாற்றியமைக்கவும் (திறமையாகக் கையாளவும்) கேட்பவர்களின் தீர்ப்புகளின் அடிப்படையில் இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்பில் ஏற்படும் வேறுபாடுகளின் விளைவை அளவிடவும் இயலும்.

படம் 51: Bag என்ற அசைக்குரிய பேச்சு உருவாக்கி கட்டுப்பாட்டு அமைப்பொழுங்கு(Fry 1979: 132)



நாம் முன்னர் கூறியபடி ஒலியியக்கக்குறிப்புகளின் செயல்பாடுகள் வேறுபட்ட ஒலியன் வகுப்புகளைச் சார்ந்த ஒலிகளுக்கிடையிலான வேறுபாட்டை செய்யக் கேட்பவரால் இயல்பு செய்கிறது. பரிசோதனை நுட்பம் ஒரு குறிப்பிட்ட வேறுபாட்டிற்குச் சாத்தியமான ஒலியியக்க குறிப்பைத் தேர்ந்தெடுப்பதாகும்; இதை இயற்கைப் பேச்சின் ஒலியியக்க ஆய்வின் அடிப்படையில் மட்டும் தான் செய்ய இயலும். பெரும்பாலும் ஒலியியக்க வர்ணனைப்படங்களை ஆய்ந்து நாம் வேறுப்படுத்துகிற ஒலியியக்கக் குறிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வெடிப்பு மெய்யொலி (plosive consonant) விடுவிக்கப்படும் போது அதனால் விளைகிற இரைச்சலின் வெடிப்புக்கு நிகழ்வெண் அளவுகோலில் ஏதாவது ஒரு இடத்தில் சக்தியின் முக்கிய உச்சம் இருக்கும். இந்த உச்சத்தின் இடம் ஒலியின் ஒலிப்பிடம் அடிப்படையில் மிகச்சீராக மாறுபடும். அதாவது ஈரிதழ் அல்லது அண்பல் ஒலி அல்லது கடையண்ண ஒலி என்பதன் அடிப்படையில் மாறுபடும். ஒரு பேச்சு உருவாக்கியின் உதவியால் நாம் அசைகளின் முழு வரிசைகளையும் நிறுவ இயலும்; இதில் தொடக்க இரைச்சல் வெடிப்பு குறைந்த அதிர்வெணிலிருந்து வேறுபட செய்யலாம். நம்முடைய ஆய்வுத்தரவு (analytical data) உருவாக்கப்பட்ட ஒலிகளின் மாறுபாடுகளின் பரப்பெல்லை /b/, /d/, /g/ என்ற மூன்று வகுப்புகளையும் உட்படுத்துவதாக எதிர்பார்க்கலாம் என்று கூறுகின்றது. இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் விளைவை ஆய (explore) நாம் எல்லா வேறுபட்ட தூண்டல்களையும் கேட்பவர்களின் வகுப்புகளாகத் தரவேண்டும். மேலும் அவர்கள் ஒவ்வொன்றிலும் அசைகளை /b/ இல் தொடங்குவதாக அல்லது /d/ இல் தொடங்குவதாக அல்லது /g/ இல் தொடங்குவதாகக் கேட்கின்றார்களா என்று கேட்க வேண்டும். இம்மாதிரியான பரிசோதனையில் தூண்டல்கள் முறையற்ற அமைப்பு முறையில் தரப்படவேண்டும். ஒவ்வொரு தூண்டலும் பல தடவைகள் நிகழவேண்டும்.

இது பேச்சு உருவாக்கியின் துணையுடன் செய்யப்பட்ட முதல் பரிசோதனைகளில் ஒன்றாகும். வெடிப்பு ஒலிகளின் வெடிப்புகளின் பரப்பெல்லை [a] இன் பண்பைக் கொண்டிருக்கிற இரு ஒலிச்செறிவுகளுடன் சேர்க்கப்பட்டது. ஒலிச்செறிவுகள் எந்த வகையிலான நிலைமாற்றங்களும்/பெயர்ச்சிகளும் இல்லாத நேரான அகலவரைகளாகும். இந்த சோதனைகளின் விளைவுகள் வெடிப்பின் நிகழ்வெண்ணின் மையம் தாழ்ந்திருந்தால் 500Hz வரை அசை /b/இல் தொடங்குகிறது என்பதில் கேட்பவர்களுக்கிடையில் உடன்பாடு இருந்தது என்பதைக் காட்டியது. வெடிப்பு நடுநிகழ்வெண்ணில் (mid-frequency) அதாவது 1200-2000 Hzஇல் இருந்தால் அசை /g/

இல் தொடங்குவதாகக் கேட்கப்பட்டது. வெடிப்பு உயர்ந்த நிகழ்வெண்ணில், அதாவது 3100 Hz இல் இருந்தால் அசை /d/ இல் தொடங்குவதாகக் கேட்கப்பட்டது. இடைப்பட்ட பரபெல்லைகளின் குறுக்காக 500 இலிருந்து 1200 Hz வரை மற்றும் 2000 Hz இலிருந்து 3100 Hz வரை கேட்பவர்களுக்கிடையில் உடன்பாடு இல்லை; இவை ஒரு ஒலியன் வகைப்பாட்டிற்கும் அண்மையில் வருகிற ஒலியன் வகைப்பாட்டிற்கும் இடையில் தீர்மானிக்க இயலாத இடங்கள்/பரப்பளவுகள் இருக்கின்றன என்று காட்டுகின்றது.

ஒலியியக்கக் குறிப்பின் செயன்மை பற்றிய இம்மாதிரியான தகவலை இயற்கைப் பேச்சின் ஒலியியக்க ஆய்வால் பெற இயலாது. ஆய்வு தொடக்க நிலைதான்; ஏனென்றால் இது தான் சாத்தியமான ஒலியியக்கக் குறிப்புகளைக் கண்டுபிடிக்க இயலும் ஒரே வழி; ஒலி உருவாக்கம் (speech synthesis) தவிர்க்க இயலாத நிரப்பியாகும்; ஏனென்றால் இது தரப்பட்ட ஒலியியக் குறிப்பு கேட்பவரால் உண்மையாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றதா என்பதை உறுதிப்படுத்தப் பரிசோதிப்பதற்கான ஒரே வழியைத் தருகின்றது. இந்த நுட்பம் ஒலிகளின் பல்வேறு வகைகளுக்கு ஒலியியக் குறிப்புகளை தேடுவதற்கு பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. பேச்சுக் கருத்துப்பரிமாற்றத்தின் முழுச் செயற்பாங்கும் மிகச் சிக்கலானதாகும்/ கலவைத்தன்மையானதாகும்; மற்றும் ஒலியக்கக் குறிப்புகளின் செயற்பாங்கும் சிக்கல்/ கலவைத்தன்மை குறைந்ததல்ல. இதன் நோக்கம் ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் எவ்வாறு செயல்படுகின்றது என்ற பொதுவான அறிகுறிகளைத் தருவதாகும். முன்னர் குறிப்பிட்டது போல் ஒரு ஒலியியக்கக் குறிப்பு என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட வேறுபாட்டைச் செய்வதற்கான வழியாகும்; இது ஒரு ஒலியைத் தரப்பட்ட ஒலியனைச் சார்ந்தது என்று அடையாளம் காண்பதற்கு அல்ல; பிந்தையது பல வேறுபாடுகளின் கூட்டிணைப்பை வேண்டுகின்றது; தவிர்க்கமுடியாமல் ஒரு ஒலியியக்கக் குறிப்புக்கும் மற்றொரு ஒலியக்கக் குறிப்புக்கும் இடையில் ஊடாட்டம் இருக்கின்றது. ஒலியின் ஒவ்வொரு வகைப்பாட்டையும் கையாளும் போது நாம் பல்வேறுபட்ட உள்ளடங்கும் வேறுபாடுகளையும் இந்த வேறுபாட்டுடன் தொடர்புகொண்டிருக்கும் போக்குள்ள குறிப்புகளையும் குறித்துக் கொள்கின்றோம்.

2.11.3. உயிரொலி வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் (Acoustic cues for vowel Differentiation)

நாம் அறிமுகம் இல்லாத ஒருவர் பேசும் போது அவரின் உயிரொலிப் பண்புகளை வேறுபடுத்துவதற்காக நாம் நமக்கு வேண்டி விரைவாக ஒரு நோக்கீட்டுச் சட்டத்தை (reference

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankarvelayuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

frame) உருவாக்குகிறோம்; இதைப் பயன்படுத்தி நாம் அவரது உயிரொலி பண்புகளை வேறுபடுத்தி அறிகின்றோம்; அறிமுகம் உள்ள பேசுபவரைப் பொறுத்த வரையில் நமது மூளையில் நோக்கீட்டுச் சட்டத்தைத் தயாராகச் சேகரித்து வைத்திருக்கிறோம்; அவர் பேசும்போது இந்த நோக்கீட்டுச் சட்டம் செயல்படத் தொடங்கும். இந்தச் சட்டங்களுக்கு அடிப்படையாக அமையும் முதன்மை ஒலியியக்கக் குறிப்பு F1 மற்றும் F2 நிகழ்வெண்களின் உறவாகும் அல்லது மிகச்சரியாக இந்த உறவுகளின் உறவாகும்; எடுத்துக்காட்டாக இந்தத் தகவல்கள் படம் 33இல் உள்ளடக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு தனிப்பட்ட பேசுபவரின் உயிரொலிகள் F1, F2 வெளியில் ஒரு குழுவை இடங்களை ஆக்கிரமிக்கும் ஒரு ஒழுங்குமுறையை வடிவமைக்கின்றது. குழந்தையின் பேச்சில், இந்த சட்டம் கூடுதல் கீழ்நோக்கியும் இடப்பக்கம் நோக்கியும் அமையும். நீளமான பேச்சுக்குழல் உள்ள ஒரு ஆடவருக்கு சட்டம் கூடுதல் மேல்நோக்கியும் வலப்பக்கம் நோக்கியும் அமையும். சில செகண்டுகள் பேச்சைக் கேட்பது இந்த உண்மைகளை நிறுவுவதற்கு உதவுகிறது. நாம் இந்த ஒழுங்கு முறைக்கு உட்படுகின்ற ஒலிகளை F1-F2 ஒலியியக்கக் குறிப்பு அடிப்படையில் அறிந்து கொள்கிறோம்.

ஒலிச்செறிவு ஒலியியக்கக் குறிப்புக்குப் பெரும்பங்கு இருந்தாலும் உயிர் ஒலிகளை வேறுபடுத்துவதற்காக நமக்கு இருப்பது அதுமட்டுமே அன்று. பெரும்பான்மையான ஆங்கில வகைகளில் நீளத்தக்க உயிரொலிகளை குன்றத்தக்க உயிரொலிகளிடமிருந்து வேறுபடுத்தும் கால அளவு ஒலியியக்கக் குறிப்பு இருக்கிறது; ஆனால் இரண்டு வகுப்புகளின் வினியோக வகுப்புகள் கிளைமொழி அடிப்படையில் வேறுபடும். தெற்கத்திய ஆங்கிலத்தில் *head, had, hard, who'd, heard* என்பனவற்றிலுள்ள உயிரொலிகளுக்கு *hid, head, hod, Huud, hood* என்பனவற்றிலுள்ள உயிரொலிகளைவிடக் கூடுதல் கால அளவு இருக்கிறது. ஈருயிர்கள் நீண்ட உயிர்களின் வகுப்பில் அடங்கும்.

இறுதியாக, குறைந்தது திறந்த உயிரொலிகளை மூடிய உயிரொலிகளிடமிருந்து வேறுபடுத்த உதவும் கடுமை ஒலியியக்கக் குறிப்பும் இருக்கிறது; குறிப்பாக ஏதாவது கருத்தக்க மறைக்கும் இரைச்சல் (masking noise) இருக்கையில் இது சாத்தியமாகும். வேறுபடுத்தலின் மொத்த பரப்பு எல்லை 7dB ஆகும்; இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்பு உயிரொலிகளை அறிந்து கொள்வதில் பங்கு கொள்கின்றது.

2.11.4 குரலொலி, குரலிலா ஒலி வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் (Acoustic cue for voiced-voiceless distinction)

ஆங்கில மெய்யொலி ஒழுங்கு முறையில் குரலொலி மற்றும் குரலிலா ஒலி ஒலிப்புகளுக்கு இடையில் உள்ள வேறுபடு மொத்தம் ஒன்பது இணைகளில் பங்கெடுக்கின்றது. ஒலிப்பு முறை மற்றும் ஒலிப்பு இடம் என்பன வேறுபாட்டாலும் குரலொலி, குரலிலா ஒலி வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் எல்லா இணைகளுக்கும் பொதுவானதாகும்; எனவே முதலில் இந்தக் குறிப்புகளின் கணத்தைக் (set) கையாளுவோம்.

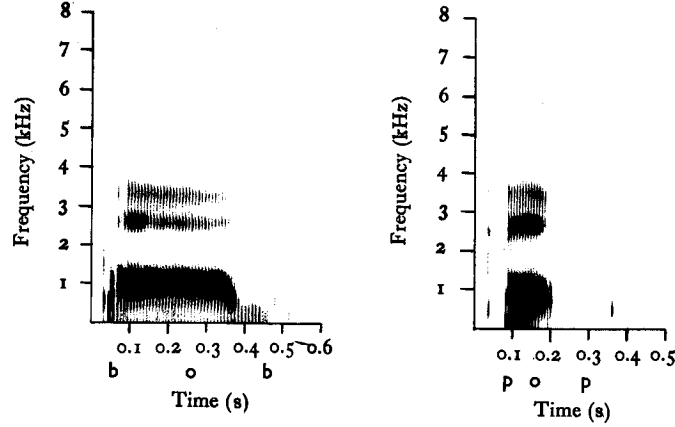
குரலொலி மற்றும் குரலிலா ஒலி என்பன ஒலியின் ஒலிப்பின் போது குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வையோ அதிர்வு இல்லாமையோ குறித்து நிற்கும். சில சூழல்களில் இந்த முரண்பாடு தக்க வைக்கப்படுகின்றது. பல ஆங்கிலம் பேசுபவர்களுக்கு மெய்யொலிகள் உயிரிடையில் வரும்போது தான் இது சாத்தியமானது. இங்குப் பொதுவாக ஒலிகளின் இணையின் குரல் ஒலி அங்கத்தினரின் முழு ஒலிப்பின் போது குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வு தொடர்வது பொதுவாக நிகழும். ஆனால் குரலிலா ஒலியின் பிறப்பின் போது குரல்வளை மடல்கள் அதிர்வது சிறிது நேரம் நிற்கும். இம்மாதிரியான நேர்வுகளில் குரல் ஒலி மற்றும் குரலிலா ஒலி இவற்றின் வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்பு குரல் ஒலியில் தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணின் உள்ளமையிலும் தொண்டை அதிர்வால் ஆக்கிரமிக்கப்பட்ட பரப்பெல்லையிலும் தொண்டை அதிர்வுடன் தொடர்பு கொண்ட காலநீட்சிமாறாமையின் தொடர்ச்சியும் ஆகும். குரலிலா ஒலிக்கு ஒலியியக்கக் குறிப்பு மேற்சொன்னவைற்றின் இல்லாமை ஆகும்.

ஒரு குழுவில் முதலிலோ இறுதியிலோ மெய்யொலிகள் வருகையில் குரலொலியின் உற்பத்தி (பிறப்பு) அதன் கால அளவு முழுவதும் தொண்டை அதிர்வால் பின்தொடரப்படாது, தேவையான வேறுபாட்டைச் செய்து கொள்ள (கண்டுகொள்ள) வேறு ஒலியியக்கக் குறிப்புகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் முதலாவது தொண்டைச் செயல்பாட்டுடன் வேறு வழியில் தொடர்புடையது. நாம் தொடக்க அடைப்பு மெய்யொலிகளின் எடுத்துக்காட்டை எடுத்துக்கொள்வோம், அதாவது *par* என்பவற்கும் *bar* என்பதற்கும் இடையே உள்ள முரண்பாட்டை எடுத்துக்கொள்வோம். இந்த இரு அசைகளின் ஒலிப்பின் போது ஒரு கணத்தில் வெடிப்பொலியின் விடுவிப்பை அடையாளப்படுத்தும் இரைச்சலின் வெடிப்பு (burst of noise) ஏற்படும்; அதே கணத்தில் குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வுகள் கால நீட்சி மாறாத ஒலிகளுக்காகத் தொடங்கும். /b/ இல் தொடங்கும் அசையில், அதிர்வெண் ஆரம்பம் இரைச்சல்

வெடிப்புடன் (voice plosion) ஒரே கணத்தில் அல்லது அண்மைப்பட்ட களத்தில் நிகழும். /p/ இல் தொடங்கும் அசையில், வெடிப்புக்கும் தொண்டை அதிர்வெண் தொடக்கத்திற்கும் இடையில் கால இடைவெளி இருக்கின்றது. இந்த இடைவெளி 50-70 மி.செ. என்ற கிராமத்தில் இருக்கும். ஓசைவெடிப்புடன் அல்லது வேறு ஒலிப்பு நிகழ்வுடன் தொடர்புபடுத்தி பார்க்கப்படும் குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வெண் தொடக்கம் குரல் தொடக்க காலம் (voice on set time அல்லது VOT) என்று குறிப்பிடப்படும். VOT குரல்-குரலிலா வேறுபாடுகளுக்கான முக்கிய ஒலியியக்கக் குறிப்பாக ஆங்கிலத்திற்கு மட்டுமல்லாமல் வேறுபல மொழிகளுக்கும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

அடைப்பு மெய்யொலிகள் இறுதியில் வந்தால் நாம் VOT கவனக்கணிப்பை (observation) இரு காரணங்களால் நேராகத்திருப்ப இயலாது: முதலாவது குரலொலி மிக அரிதாகத்தான் இரைச்சல் வெடிப்பு வரை தொண்டை அதிர்வைத் தொடரும். இரண்டாவது பல பேசுபவர்களுக்கு இறுதி அடைப்பு ஒலிகள் விடுவிக்கப்படுவதில்லை. இருந்த போதிலும் குரலொலி-குரலிலாவொலி வேறுபாடு இன்னும் தொண்டைச் செயல்பாட்டுடன் தொடர்புபடுத்தி தான் குறிப்பு தரப்படுகின்றது. *bob* போன்ற சொற்களில் குரலொலியால் மூடப்பட்ட அசையில் உயிரொலியுடன் பொருத்தமுறும் காலநீட்சி மாறாத ஒலிக்குக் கூடுதல் கால அளவு இருக்கும்; அடைப்பு பொருத்த அடிப்படையில் குறுகியதாகும் மற்றும் தொண்டை அதிர்வு குறைந்தது அடைப்பின் தொடக்கம் வரையிலும் தொடரும். *pop* போன்ற சொற்களில் உள்ள குரலிலா ஒலியில் உயிர்ப் பகுதி (vowel part) குறுகியதாகும், அடைப்புப் பகுதி நீண்டதாகும்; மற்றும் தொண்டை அதிர்வு அடைப்பு செய்யப்படும் கணத்தில் இறுதியடைகின்றது. இந்தக் குறிப்புகளும் VOT குறிப்பும் பின்வருமாறு பொதுமையாக்கம் செய்யலாம்: ஒலிகளின் இணையின் குரலொலி அங்கத்தினரில் குரல்வளை அதிர்வு முன்னரே தொடங்குகின்றது மற்றும் பின்னர்வரைத் தொடர்கிறது. ஆனால் குரலிலா அங்கத்தினருக்கு குரல்வளை அதிர்வு பின்னர் தொடங்குகின்றது மற்றும் முன்னர் முடிகின்றது. வேறுபடுத்துவதற்கு இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் இருப்பதை படம் 52இன் ஒலிவர்ணனைப் படங்கள் உடன் நோக்கீடுசெய்து சரிபார்க்கலாம்: இவற்றில் /bop/ என்பது /pop/ என்பதுடன் ஒப்பிடப்பட்டுள்ளது. பொதுவானவழியில் உருவாக்கப்பட்ட/முறைபடுத்தப்பட்ட (formulated) இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் அடைப்பு உரசொலிகளிலும் உரசொலிகளிலும் உள்ள குரல்-குரலிலா வேறுபாடுகளுக்கும் பயன்படும்.

படம் 52: bob மற்றும் pop-இன் நிறமாலைவரைவுகள் (Fry 1979: 136)



குரல் குரலிலா ஒலிகளின் வேறுபாட்டிற்கான முன்னர் கூறிய மற்றொரு ஒலியியக்கக் குறிப்பு பின்வருமாறு அமையும்: மெய்யொலியின் உருவாக்கலின் மீதான எந்த இரைச்சலும் (noise) குரல் ஒலியைவிட குரலிலா ஒலியில் கூடுதல் கடுமையைக் கொண்டிருக்கும்; அடைப்பொலியின் விடுவிப்பால் ஏற்படும் இரைச்சல் வெடிப்பானாலும் அடைப்புரசொலி அல்லது உரசொலி இவற்றின் உராய்வு இரைச்சல் ஆனாலும் மேற்சொன்னபடி தான் விளையும். குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வு அசையை உருவாக்கக் கிடைக்கும் சக்தியின் ஒரு பகுதியை பயன்படுத்தி விடுகின்றது. இவ்வழியில் எவ்வளவு குறைவாக சக்தி பயன்படுத்தப்படுகின்றதோ அதைப்பொறுத்து ஓசை உற்பத்தியில் செலவழிக்கப்படும். இதன் காரணமாக குரலிலா ஒலியில் ஓசை உயர்ந்த கடுமையில் இருப்பதுடன் நீண்ட நேரம் நிகழும்.

2.11.5 ஒலிப்பு முறைக்கான ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் (Acoustic cues of for manner of articulation)

ஒரு ஒலி குரலொலியாக அல்லது குரலிலா ஒலியாக என்பதும் அது உற்பத்தி செய்யப்படுகின்ற முறையின் ஒரு நோக்கமாகும். இருப்பினும் இந்த கலைச்சொல் வெடிப்பொலி (plosive), அடைப்புரசொலி (affricate), உரசொலி (fricative), மூக்கொலி (nasal), மருங்கொலி (lateral) மற்றும் அரை உயிரொலி (semi-vowel sounds) என்ற ஒலிகளை வேறுபடுத்தவே பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இந்த ஒலி வகுப்புகளின் ஒவ்வொன்றின் ஒலியியக்கக் குறிப்புகளும் முன்னர்பார்த்த ஒலிவரணனைப் படப் பண்புக் கூறுகளிலிருந்து தெளிவாகும்.

அடைப்பொலி வகுப்பிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்பு ஒலியின் ஒழுங்கில் நிகழும் தடையாகும். அதாவது மௌனமோ அல்லது ஓரளவுக்கு மௌனமோ பேச்சொட்டத்தில் 40 இலிருந்து 120 மி.செ வரை நீளும். இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்பைப் பங்கிடும் மற்றொரு ஒலி வகுப்பு அடைப்புரசொலி வகுப்பாகும். இதில் மௌனத்தின் கால அளவு ஒப்பிடத்தக்கதாகும். இது இரைச்சல் கூறின் கூடுதல் கால அளவால் வேறுப்படுத்தப்படும். அடைப்பு உரலொலிக்கும் உரசொலிக்கும் உள்ள ஒலியியக்கக் குறிப்பு கருத்தக்கக் கால அளவில், அதாவது 70 இலிருந்து 140 மி. செ. வரை, இரைச்சல் இருப்பதாகும்.

மூக்கொலிகளும் மருங்கொலிகளும் அரையுயிர்களும் முந்தைய மூன்று வகுப்புகளிலிருந்து இரைச்சலின் (noise) இல்லாமையாலும் தொடர்ந்த சுரத்தின் உள்ளமையாலும் வேறுபடுத்தப்படும். மூக்கொலிகள் யாவும் தாழ்ந்த நிகழ்வெண் ஒலியூகத்தாலும் இந்த நிகழ்வெண் பட்டைக்கும் 2000 Hz இடத்தில் தொடங்கும் பட்டைக்கும் இடையில் சக்தியின் இல்லாமையாலும் ஒலியியக்கக் குறிப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். மருங்கொலிகளும் அரையுயிர்களும் உயிரொலி போன்ற ஒலிச்செறிவுகளால் அடையாளப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த ஒலிச்செறிவுகள் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணில் ஒத்தறி அடிப்படையில் மெதுவான வேறுபாடுகளைக் கொண்டிருக்கும். இருப்பினும் கடப்புகள் (transitions) அரையுயிர்களைவிட மருங்கொலிகளில் கூடுதல் வேகமாக இருக்கும்.

2.11.6 ஒலிப்பு இடத்தின் ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் (Acoustic cues for place of articulation)

இதுவரைச் சுட்டிக்காட்டிய ஒலியியக்கக் குறிப்புகளின் விளைவு கேட்பவரை அவர் ஆய்கின்ற எந்த ஒலியின் சாத்தியமான அடையாளங்களை ஒப்பிட்டுப்பார்கையில் சிறிய வகுப்பாகக் குறைப்பது தான். இதை இன்னும் ஒரு தனியான தீர்வாகக் குறைக்கச் செய்ய வேண்டி பேச்சுக்குழலில் பல்வேறுபட்ட புள்ளியிடங்களில் ஒலிகளை வேறுபடுத்த இயலவேண்டும். நாம் பேச்சுக்குழல் வடிவின் மாற்றங்கள் குழலின் ஒலியூக்கையோ இறுப்பு விளைவுகளையோ பாதிக்கும் எனப் பார்த்தோம்; எனவே ஒலிப்பிட ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் இந்த இறுப்புக் கட்டுப்பாடுகளின் மாற்றங்களுடன் தொடர்புபடுத்தப்படவேண்டும். பேச்சு ஒரு தொடர்ச்சியான இயக்கம்; சில இயக்கங்கள் வினாவாகச் செய்யப்படுகின்றன; சில இயக்கங்கள் ஒப்பிடுகையில் *thought* என்ற சொல்லின் தொடக்கத்தைப் போல் கூடுதலான தூரங்களையும் பிற *tea* என்ற சொல்லின் தொடக்கத்தைப் போல குறைவான தூரத்தையும் உள்ளடக்கும். இயக்கத்தின் தூரமும் வேகமும் ஒலியியக்க மாற்றங்களின் மதிப்பிலும் நீட்சியிலும் பிரதிபலிக்கின்றன; முக்கியமாக

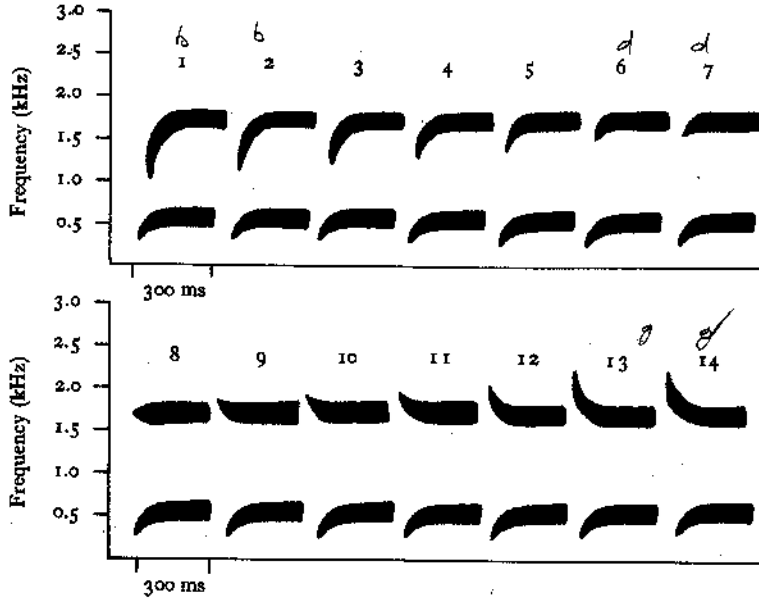
ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணிலும் இரைச்சல் இறுப்பிலும் பிரதிபலிக்கின்றன. இங்குதான் நாம் ஒலிப்பு இடத்தின் முக்கியமான ஒலியியக்கக் குறிப்புகளைக் காண்கின்றோம்.

2.11.7. இரண்டாவது ஒலிச்செறிவு நிலைமாற்ற ஒலியியக்கக் குறிப்பு (second formant transition cue)

கேட்பவர்களால் பயன்படுத்த இயலும் தகவல்களை எல்லா ஒலிச்செறிவு நிலைமாற்றங்களும் சுமக்கும்; இருப்பினும் குறிப்பாக இரண்டாவது ஒலிச்செறிவின் நிலைமாற்றங்கள் தாம் ஒலிப்பு இடத்தின் ஒலியியக்கக் குறிப்பாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது என்று பரிசோதனையால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. வெடிப்பொலி விடுவிக்கப்படும் போது மிக விரைவான ஒலியியக்க மாற்றம் ஏற்படும்; இது எல்லா ஒலிச்செறிவுகளையும் பாதிக்கும் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணில் விரைவான மாற்றங்களில் பிரதிபலிக்கும்; ஏனென்றால் பேச்சுக்குழலின் ஒலியூக்கங்களின் ஒரு கணம் (set) காலத்தின் குறைந்த இடைவெளியில் மற்றொரு கணமாக (set) மாற்றப்படுகின்றது. கேட்பவர் உணரும் விளையும் F2 நிலைமாற்றங்களின் பாதிப்பு/செல்வாக்கு படம் 53இன் எளிமையாக்கப்பட்ட ஒலியியக்க வர்ணணைப்படங்களின் நோக்கீட்டால் நன்றாகக் காணலாம். இவைகள் இணைப்பாக்கம் (synthesis) செய்யப்பட்ட அசைகளை உருவாக்குவதில் பயன்படுத்தப்படும் அமைப்பொழுங்குகளின் தொடர்ச்சிகளை (series) ஆக்குகின்றது. இந்த 14 அமைப்பொழுங்குகள் F2 நிலைமாற்றம் என்ற ஒன்றின் அடிப்படையில் மட்டுமே ஒன்றுக்கொன்று வேறுபடுகின்றன. தூண்டல் 1 இல் நிலையான-நிலை ஒலிச்செறிவிலிருந்து மிகத் தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணிலிருந்து இது நீட்சியான நிலைமாற்றமாகும்; தொடர்ச்சியின் நடுவில் தூண்டல் 8 இல் பூஜிய நிலைமாற்றம் இருக்கின்றது; மற்றும் தூண்டல் 14 இல் F2 நிலைமாற்றம் உயர்ந்த நிகழ்வெண்ணிலிருந்து மிகுதியான தாழ்வாகும். ஒவ்வொரு அசையும் 300 மிசெ நீளம் மற்றும் F1 நிலைமாற்றம் முழுவதும் நிலையானதாகும்; இதனால் ஒலியின் ஒரே பண்புக்கூறுதான் வேறுபடும். சீரற்ற நிரலில் இந்த அசைகள் கேட்பவர்களுக்குத் தரப்பட்டால் அவர்கள் ஒவ்வொன்றையும் ஆங்கிலச் சொற்கள் bay, day அல்லது gay என்பனவற்றில் ஒன்று என அடையாளம் காண கடினத்தை உணர்வதில்லை (அமைப்பொழுங்குகள் உயிர்களின் ஈருயிராக்கத்திற்குக் குறிப்பைத் தருவதில்லை.). தூண்டல் எண்கள் 1உம் 2உம் /b/இல் தொடங்குகின்றது தூண்டல் எண்கள் 6உம் 7உம் /d/ இல் தொடங்குகின்றது, தூண்டல் எண்கள் 13உம் 14உம் /g/ இல் தொடங்குகின்றது

என்பதில் மிகப் பொதுவான உடன்பாடு இருக்கின்றது. F2 நிலைமாற்றம் ஒரு வெடிப்பு மெய்யொலியின் ஒலிப்பிடத்திற்குப் பயனுள்ள குறிப்பாகும்.

படம் 53: F2 நிலைமாற்ற தூண்டுகோல்களுக்கு உருவாக்கிக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பொழுங்குகள் (Fry 1979: 139)



இந்த அமைப்பொழுங்குகள் எல்லாம் நிலைமாற்றங்கள் நிலையான-நிலை ஒலிச்செறிவுகள் தொடக்கத்தில் நிகழ்வதற்குப் பதிலாக இறுதியில் நிகழும்படிக்கு பக்கவாட்டாகத் திருப்பப்பட்டால் ஒவ்வொரு அசையும் இறுதியில் ஒரு வெடிப்பொலியால் கேட்கப்படும். தூண்டல் எண் 1 தாழும் F2 நிலைமாற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும்; தூண்டல் எண் 14 உயரும் F2 நிலைமாற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும்; இவ்வாறு தொடரும். உயர்வது, தாழ்வது என்ற கலைச்சொற்களைப் பயன்படுத்துவது குழப்பத்தை உருவாக்குவதை தவிர்க்க மாற்றம் நிலையான-நிலை ஒலிச்செறிவுகளைவிட தாழ்ந்த நிகழ்வண்ணை நோக்கி அல்லது அதிலிருந்து விலகி இருந்தால் கழித்தல் நிலைமாற்றம் என்றும் உயர்ந்த நிழ்வெண்ணை நோக்கி அல்லது அதிலிருந்து விலகி இருந்தால் கூட்டல் நிலைமாற்றம் என்றும் கூறுவது வழக்கமாகும்.

நிலைமாற்றங்கள் அவற்றுடன் தொடர்புடைய உயிரொலி ஒலிச்செறிவுகளிலிருந்து சுதந்திரமாக இருக்க இயலாது. நிலையான-நிலை F2இன் நிகழ்வெண்ணால் ஒலிப்பிடத்திற்கான F2 நிலைமாற்றக் குறிப்பு ஒரு அளவுக்கும் ஓரளவுக்கு நிலைமாற்றத்தின் திசையும் தாக்கமுற்றுள்ளது. இது முக்கியமாக அண்பல் ஒலிப்பிட ஒலிப்பிற்கான குறிப்பைப் பாதிக்கின்றது;

நல்ல அளவு பொதுமையுடன் ஈரிதழ் ஒலிப்பு ஒரு கழித்தல் F2 நிலைமாற்றத்தையும் கடையண்ண ஒலிப்பு கூட்டல் F2 நிலைமாற்றத்தையும் உட்படுத்தும். குறைந்த அளவு கழித்தல் அல்லது கூட்டல் F2 நிலைமாற்றம் அண்பல் ஒலிப்பிட ஒலிப்பிற்கான குறிப்பு ஆகும்.

F2 நிலைமாற்றக் குறிப்பு ஒலிப்பிடத்திற்கான குறிப்பாக இருந்தால், வெடிப்பொலி தவிர பிற ஒலிப்பு முறைகளுக்கும் செயல்படவேண்டும்; மற்றும் இது நேர்வாக நிரூபிக்கப்படவேண்டும். ஆங்கில ஒலி ஒழுங்கமைப்பு வெடிப்பொலிகளின் அதே ஒலிப்பிடங்களைக் கொண்ட மூக்கு மெய்யொலிகளை உட்படுத்தும் மற்றும் F2 நிலைமாற்றக் குறிப்பு ஒத்த வழியில் அவற்றிற்குச் செயல்படும். ஒலிப்பின் மூக்கொலி முறையைச் சுட்டிக்காட்டுவதாக முன்னர் கூறிய ஒலியூக்கங்கள் கேட்பவரை அவர் மூக்கு மெய்யொலியைக் கையாளுகிறார் என்று மட்டும் தெரிவிக்கும்; அவை ஈரிதழ் ஒலி, அண்பல் ஒலி, கடையண்ண மூக்கொலிகள் இவற்றிற்கிடையில் வேறுபாட்டைக் காண கேட்பவரை இயலச்செய்வதில்லை. இதற்கு அவருக்கு F2 நிலைமாற்றக் குறிப்பு தேவை; நிலைமாற்றம் கழித்தல் என்றால் மூக்கொலி /m/ ஆகும்; கூட்டல் என்றால் மூக்கொலி /n/ ஆகும்.

நாம் ஈரிதழ், அண்பல், கடையண்ணம் என்ற மூன்று ஒலிப்பிடங்களைப் பற்றிப் பார்த்தோம்; போச்சுகுழலுக்குள் நிகழும் எந்த இயக்கமும் கேட்பவருக்குச் சாத்தியமான குறிப்பாக இருக்கும் நிலைமாற்றத்தை உருவாக்க இயலும் என்பது தெளிவாகும். அரை உயிர்களின் நேர்வில் நாம் பார்த்த ஒத்தறி அடிப்படையில் மெதுவான நிலைமாற்றங்கள் இடத் தகவலைத் தரும்: கூட்டல் நிலைமாற்றம் /j/ இல் இடையண்ண ஒலிப்பைக் காட்டும்; கழித்தல் நிலைமாற்றம் /w/இல் கடையண்ண ஒலிப்பைக் காட்டும். வேறு ஒலி வகைகளில் F2 இடக் குறிப்பு பிற குறிப்புகளுடன் இணைந்து அல்லது உரசொலிகளின் நேர்வில் நிகழும் போக்குபோல் பெரும்பாலும் அவற்றால் இடம்பெயர்க்கப்படும்.

2.11.8. ஒலிப்பிடத்திற்கான இரைச்சல் வடிகட்டல் குறிப்பு (Noise filtering cue for place of articulation)

பேச்சுக் குழலில் இரைச்சல் உருவாக்கப்படுகையில் இரைச்சல் உருவாக்கியின் இருப்பிடத்தால் பகுதி அளவு இரைச்சலின் வடிகட்டல் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றது; இதன் விளைவாக ஒலிப்பிடத்திற்கான கூடுதல் குறிப்பு இரைச்சலால் உருவாக்கப்படும் புலனுணர்வுக் கருத்துப்பதிவு ஆகும். இந்த உண்மை முன்னர் கூறப்பட்ட வெடிப்பொலிகளில் இரைச்சல் வெடிப்பின் நிகழ்வெண் பட்டை மீதான பரிசோதனைக்குப் பின்னணியில் இருக்கிறது. ஈரிதழ்

ஒலிப்பு தாழ்ந்த நிகழ்வெண்களில் ஒரு உச்சத்தை உருவாக்க வெடிப்பு இரைச்சலின் வடிகட்டலுக்குக் கொண்டு செல்கின்றது; அண்பல் ஒலிப்பு ஒரு உயர்ந்த நிகழ்வெண் உச்சத்தை உருவாக்குகின்றது; கடையண்ண ஒலிப்பு ஒரு நடு/இடைப்பட்ட நிகழ்வெண் உச்சத்தை உருவாக்குகின்றது. எனவே வெடிப்பொலிகளில் F2 நிலைமாற்றக் குறிப்புக்குக் கூடுதலாக அடைப்பு விடுவிக்கப் படுகையில் இரைச்சல் இறுப்புக் குறிப்பு எப்பொழுதும் இருக்கின்றது; இது இந்த மெய்யொலிகளின் புரிதலில், குறிப்பாக இரைச்சல் வெடிப்பு மிக அதிகமான கடுமையைக் கொண்டிருக்கும் குரலிலா ஒலிகளின் புரிதலில், கருத்தக்க அளவு பங்களிப்பு செய்கின்றது.

உரசொலிகளையும் அடைப்பு உரசொலிகளையும் உள்ளடக்கிய ஆங்கில ஒலிகளின் குழுவுக்கு இரைச்சல் இறுப்புக் குறிப்பு பேச்சுக்குழலில் ஒலிப்பிடம் மேலும் முன்னோக்கி நகர்வதால் இரைச்சலின் படிப்படியான உயர்ந்த அறுதியால் ஒலிப்பிடத்தைச் சுட்டிக்காட்டுகின்றது; வேறுவிதமாகக் கூறினால் ஒலிகள் படிப்படியாக உயர்ந்த இசைமை உள்ளது. /tr/, /dr/ என்ற அடைப்பு உரசொலிகளில் உள்ள உராய்வு இரைச்சல் கிட்டத்தட்ட 1200 Hz இல் அறுதியைக் கொண்டு தாழ்ந்த இசைமை உள்ளது; அடுத்ததாக பொருத்தமுள்ள அடைப்பு உரசொலிகளுடன் கிட்டத்தட்ட 1800 Hz இல் அறுதியைக் கொண்டு /j/ உம் /z/ உம் வருகின்றன. /s/ உம் /z/ உம் கிட்டத்தட்ட 4000 Hz இல் அறுதியைக் கொண்டு வருகின்றன; இறுதியாக உராய்வு ஒலிப்புகளின் மிக முன்னிற்கும் /θ/ உம் /ð/ உம் மற்றும் /f/ உம் /v/ உம் ஏறக்குறைய 6000 Hz இல் அறுதியைக் கொண்டு வருகின்றன. இரைச்சல் வடிகட்டல் குறிப்பு இறுதி குழுமத்தின் ஒலிப்பிடத்தை நிர்ணயிப்பதற்கு போதுமானது அல்ல; இது F2 நிலைமாற்றக் குறிப்புடன் சேர்க்கப்படவேண்டும்

2.11.9. பேச்சு கேட்டலும் ஒலியியக்க குறிப்பின் இணைப்பும் (Speech reception and the combination of acoustic cues)

இந்தப் பகுதியின் முக்கியமான குறிக்கோள் ஒருவர் பேசுகையில் கேட்பவர் அவரைச் சேரும் ஒலியியக்கத் தகவலின் ஒழுக்கைப் பயன்படுத்துவதன் சாத்தியமான உண்மைக் கருத்துப் பதிப்பைத் தருவதாகும். பேச்சு ஒலிகளை உண்மையில் கேட்பதற்கு ஒலியியக்க குறிப்பை பயன்படுத்துவது பேச்சுக்கேட்பின் எல்லையற்ற கலவைத்தன்மையான செயற்பாங்கின் ஒரு பகுதி மட்டும் தான். நாம் பேச்சைக் கேட்கும் போது பேசுபவர் நமக்கு அனுப்பும் செய்தியை மறு

உருவாக்கம் செய்யப் போதுமான செப்பனிடாத தற்காலிக அமைப்பை நாம் ஏற்கின்றோம். அதிக அளவில் ஊகம் மற்றும் முன்கணிப்பு இவற்றைச் சேர்த்து மொழியைப் பற்றிய நமது அறிவு இந்த மறு உருவாக்கத்தை வெற்றிகரமாகச் செயல்படுத்த இயலச்செய்கின்றது; ஆனால் இதற்கு அடிப்படையாக நாம் உள் வருகிற ஒலிகளின் ஒரு விகிதத்தை அறியவேண்டும் மற்றும் அவற்றின் ஒலியனியல் வகைப்பாடுகளைத் துல்லியமாகத் தரவேண்டும். இங்குதான் நாம் ஒலியிக்கக் குறிப்புகளைச் சார்ந்திருக்கின்றோம்; இவற்றை நாம் வழக்கமாகப் பயன்படுத்துகின்றோம் மற்றும் இவற்றை எப்போதும் சேர்க்கையாகவே பயன்படுத்துகின்றோம். குரொலிக்கான ஒலிப்பிடம், குரொலிப்பு, ஒலிப்புமுறை, அதிவெண், கடுமை மற்றும் காலம் இவற்றின் குறிப்புகள் யாவும் சேர்ந்து பிரயோகிக்கப்படுகின்றன; அவற்றின் செயல்பாடு சரியானவை தவிர பிற எல்லா தீர்வுகளையும் நீக்க நம்மை அனுமதிப்பதாகும். எல்லா பல குறிப்புகளுக்கும் நாம் தரும் மதிப்பீடு கோர்வை/வரிசைமுறை மற்றும் சூழல் அடிப்படையில் மாறும். சுற்றியுள்ள ஓசையின் அதிகரிப்பு சில குறிப்புகளைப் பயன்படுத்த இயலாது செய்யலாம் மற்றும் பிறவற்றை முக்கியத்துள்ளவையாக மாற்றும்; சாத்தியமில்லாத சொல் அடுத்து என்னவரும் என்ற நமது கருத்தை முழுவதும் திருத்தியமைக்கவும் கிடைக்கும் ஒவ்வொரு ஒலியியக்கக் குறிப்பையும் எடுத்துக்கொள்ளச் செய்யலாம்.

பேசப்பட்ட செய்தியின் ரிதத்தையும்/சந்ததையும் இசையோட்டத்தையும் ஆய்வதற்கு தேவையான குறிப்புகள் பற்றி கூறப்படவில்லை. நடைபெறுகின்ற ஒலியன்சார் குறியத்திரவுடன் மூளையானது எல்லா நேரத்திலும் செய்தியின் குறியத்திறவுக்கு முக்கியமான தொடர்புள்ள சந்தத்தையும் இசையோட்டத்தையும் கண்டுபிடிக்க கடுமையின் ஏற்ற இறக்கத்தையும் தொண்டை நிகழ்வெண்ணின் மாறுபாடுகளையும் அசைகளின் தொடர்ச்சியால் முன்வைக்கப்படுகின்ற காலம்சார் அமைப்பொழுங்குகளையும் கவனிக்கின்றது. செயற்பாங்கின் இந்த எல்லாப் பகுதிகளும் இணையாக ஒரேசமயத்தில் பின்பற்றப்படுகின்றன; நீண்ட பயிற்சிதான் மூளையை கேட்டல், முன்கணிப்பு, திருத்தியமைத்தல் என்ற தொடர்ச்சியான வேலையைச் செய்ய இயலச்செய்கின்றது; இது எல்லையற்ற கலவைத்தன்மையான மற்றும் பேச்சின் மாறுகிற ஒலி அலைகளைச் சொற்கள், தொடர்கள், வாக்கியங்கள் இவற்றின் கோர்வைகளாக மாற்ற இயலச்செய்கின்றது. மில்லியன் கணக்கில் மனிதர்கள் இந்த செயலை நாளின் ஒவ்வொரு

மினிட்டிலும் செய்கின்றார்கள் என்ற உண்மை இந்த மாற்றதை குறைந்த அளவு குறிப்பிடத்தக்கதாக மாற்றவில்லை.

2.12. சுருக்கவுரை

தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்க ஆய்வுக்கும் தமிழ் பனுவல்களை பேச்சாக மாற்றும் செயல்பாட்டிற்கும் பேச்சை உரையாக மாற்றும் செயல்பாட்டிற்கும் அடிப்படையான தகவல்களை இவ்வியலில் இருந்து பெற இயலும். முன்னர் குறிப்பிட்டது போன்று தமிழுக்கு ஒலியியக்கவியல் பற்றிய ஒரு முழு விளக்க நூல் இல்லாத குறையை இவ்வியல் ஓரளவுக்கு நீக்கும். ஒலியியக்கவியலுக்கு அடிப்படையாக அமையும் ஒலியின் பொதீகம் பற்றி அடிப்படையில் ஆயப்பட்ட செய்திகள் இங்குத் தரப்பட்டுள்ளன. பேச்சுக்கு அடிப்படையாக அமையும் தொண்டையின் அமைப்பு பற்றி ஒலியியக்கவியலுடன் தொடர்புடைய செய்திகள் தரப்பட்டுள்ளன. ஒலியியக்கவியலின் பல பரிமாணங்கள் நன்கு விளக்கப்பட்டுள்ளன. ஆங்கில ஒலிகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஒலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புகள் ஆயப்பட்டுள்ளன. மெய்யொலிகளும் உயிரொலிகளும் ஒலியியக்கவியல் அடிப்படையில் ஆயப்பட்டுள்ளன. ஒலிவர்ணனைப் படங்களைப் பயன்படுத்தி பேச்சொலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புகள் விளக்கப்பட்டுள்ளன. ஒலிகளைக் கண்டறிவதற்கான ஒலியியக்க குறிப்புகள் குறித்து விரிவாகப் பேசப்பட்டுள்ளது. ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் பனுவலிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கும் செயல்பாட்டிற்கு உறுதுணையாய் அமையும்.

இயல் 3

தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் மற்றும் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு

3.1. முன்னுரை

இவ்வியல் தமிழ் ஒலிப்பியல் ஆய்வு, தமிழ் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு என இரண்டாகப் பகுக்கப்பட்டு விளக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு தான் நமது தலையாய நோக்கம் என்றாலும் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வின் பின்னணி இல்லாமல் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள் பற்றி புரிந்துகொள்வது கடினம். எனவேதான் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு பற்றியும் இங்கு விளக்கப்பட்டுள்ளது. மட்டுமன்றி தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சு இணைப்பாக்கத்திற்கும் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் குறித்த தகவல்கள் தேவைப்படும். குறிப்பாக சூழல் அல்லது இலக்கண அடிப்படையில் தமிழ் ஒலிகள் மாறுவது பற்றிய விதிகள் உரையிலிருந்து பேச்சு இணைப்பாக்கத்திற்கு மிகத் தேவையாகும். இத்தகைய தேவையைத் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு கருத்திற் கொண்டு விளக்கம் தருகின்றது.

3.2. ஒலியியல் ஆய்வு

மொழிகளின் ஒலிகளைப் பிறப்பித்தல், காற்றில் பரப்புதல், காதால் கேட்டு உணர்தல் என்ற அடிப்படையில் வகைப்படுத்தி ஆய்வது ஒலியியல் (phonetics) எனப்படும். ஒலியியல் என்றால் ஒலிகளைப் பற்றி படிப்பது என்று பொதுவாகக் கூறலாம். மொழியியலில் பேச்சொலிகள் மட்டும் ஆயப்படுகின்றன என்பதால் ஒலியியல் என்பதைப் பேச்சொலிகளைப் பற்றி ஆய்தல் அல்லது படித்தல் என விளக்கம் தரலாம். கருத்துப்பரிமாற்ற மாதிரியில் தகவலை அனுப்புவர் மூளையில் எண்ணும் தகவலானது நரம்பணுக்களின் உதவியால் இயக்கப்படும் ஒலியுறுப்புகளால் ஒலிகளாகக் குறியாக்கம் செய்யப்பட்டு, காற்று ஊடகத்தின் வழியாகச் சென்று பெறுபவர் காதுகளை அடைந்து அவரது மூளையால் குறியைத் திறவு செய்யப்பட்டு தகவல் புரிந்துகொள்ளப்படுகின்றது. இதன் அடிப்படையில் ஒலியியலை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

மூவகை ஒலியியல் (three types of phonetics or branches of phonetics): ஒலிகளை அதன் பிறப்பு, காற்றில் பரவுதல், காதால் உணர்தல் அடிப்படையில் மூன்றாகப் பகுக்கலாம்:

- ஒலிப்பியல் (articulatory phonetics)
- ஒலியியக்கவியல் (acoustic phonetics)

- ஒலியுணர்வியல் (auditory phonetics)

ஒலிப்பியல் (articulatory phonetics)

ஒலிகளை அவற்றின் பிறப்பு அல்லது உச்சரிப்பு அடிப்படையில் வகைப்படுத்தி ஆய்தல் ஒலிப்பியல் எனப்படும். இதனால் இது உச்சரிப்பு ஒலியியல் என்றும் ஒலி பிறப்பியல் என்றும் அறியப்படும். இவ்வாய்வுமுறை பேச்சுறுப்புக்களின் அமைப்பையும் தொழிலையும் ஆதாரமாகக் கொண்டு உடற்கூற்றியல் நோக்கில் ஒலிகளின் பிறப்பை ஆராயும். ஒலிகள் அவற்றின் ஒலிப்பிடம், ஒலிப்புமுறை அடிப்படையில் வகைப்படுத்தப்படும். ஒலிப்பியலைக் காலத்தால் முந்திய ஒலியாய்வு முறை என்பர். அனேகமாக எல்லா மொழிகளிலுள்ள மரபிலக்கணங்களிலும் ஒலிகள் இவ்வாய்வு முறையில்தான் ஆராயப்படுகின்றன. இந்திய மொழிகளில் மிகப் பழைய மொழிகளாகக் கருதப்படுகின்ற சமஸ்கிருதத்திலும் தமிழிலும் ஒலிப்பியல் முறையில் ஒலிகள் ஆராயப்படுகின்றன. இன்றைய ஒலிப்பியல் வளர்ச்சிக்கு ஆதாரமாகவும் அடிப்படையாகவும் அமைந்தது பாணினியின் ஒலிப்பியல் விளக்கமே என்பர். மரபிலக்கணங்களில் எழுத்துகளுக்கும் ஒலிகளுக்கும் இடையேயும் எழுத்துக்களின் எண்ணிக்கைக்கும் ஒலிகளின் எண்ணிக்கைக்கும் இடையேயும் நிலவி வந்த மயக்கநிலை இவ்வாய்வு முறையால் தெளிந்தது. மனிதனுடைய வாயறையில் உள்ள பல், நாக்கு, அண்ணம் போன்ற பல்வேறு இடங்களில் இருந்து பல்வேறு பேச்சொலிகள் பிறக்கின்றன. ஒரு ஒலி பிறக்கும் இடங்களையும் வகைகளையும் விளக்கி ஆராயும் ஒலியியல் பிரிவு ஒலிப்பியல் எனப்படும். ஒரு மொழியின் ஒலிப்பிடம், ஒலிப்பு முறை ஆகியவற்றைப் பற்றி விளக்குவது ஒலிப்பியல் அல்லது பேச்சொலியியல் எனப்படும். பேச்சொலிகளை உயிரொலிகள் (vowels), மெய்யொலிகள் (consonants) (எனப்பிரிப்பர். தமிழ் மரபிலக்கணம் தமிழுக்கு அ, ஆ, இ, ஈ போன்ற 12 உயிரெழுத்துக்கள் இருப்பதாயும் 18 மெய்யெழுத்துக்கள் இருப்பதாயும் கூறும். ஒலிகளை முதலாவதாக அவற்றின் ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் உயிரொலிகள் மற்றும் மெய்யொலிகள் எனப் பகுக்கலாம்.

ஒலியியக்கவியல் (acoustic phonetics)

காற்றில் பரவும் ஒலிகளின் இயக்கத்தைப் பற்றி ஆயும் படிப்பு ஒலியக்கவியல் ஆகும். இது ஒலிகளின் ஒலியியக்க அமைப்பை ஆராய்கிறது. ஓர் ஒலியை மற்றொரு ஒலியிலிருந்து வேறாக நாம் கேட்டுணர்வதற்கு முக்கிய காரணமாக அமைவது அதன் ஒலியியக்கக் கூறுகளாகும். ஒலிகளின் பல்வேறு ஒலியியக்கக் கூறுகளை ஆராய ஒலிவர்ணனை வரைபடக்

கருவி/ஒலிநிறமாலை வரைவி (spectrograph) என்ற கருவியை ஒலியியல் அறிஞர்கள் கையாளுவர். பேச்சொலிகளின் பண்பு நலன்களை ஒலியாராய்ச்சி கருவிகளின் மூலம் கண்டறிவதே ஒலியியக்கவியலின் செயலாகும்.

ஒலியுணர்வியல் (auditory phonetics)

ஒலிகளை காதால் கேட்டு உணர்வதை ஆயும் படிப்பு ஒலியுணர்வியல் எனப்படும். இதைக் கேட்பொலியல், கட்டபுவியல் என்றும் கூறுவர். ஒலியுணர்வியல் என்பது ஒரு ஒலி செவியால் உணரப்படும் தன்மையை விவரித்தல் ஆகும். ஒலியாராய்ச்சியில் மூன்றாவது ஆய்வு முறையாக எண்ணப்படுவது ஒலியுணர்வியலாகும். இவ்வாய்வு முறையில் ஒலிகள் அவற்றை ஒலியாராய்ச்சியாளன் கேட்கும் நிலையையும் அறிந்துணரும் வகையையும் ஆதாரமாகக் கொண்டு ஆராயப்படுகின்றன. ஒலியாராய்ச்சியில் ஒலிப்பியல் வரவேற்கப்பட்ட அளவிற்கு ஒலியுணர்வியல் வரவேற்கப்படவில்லை. பெரும்பாலான மொழி ஆராய்ச்சிகளில் ஒலிப்பியலையோ ஒலியியக்கவியலையோ அடிப்படையாகக் கொண்ட ஒலியாராய்ச்சியையே பார்க்க முடிகிறது.

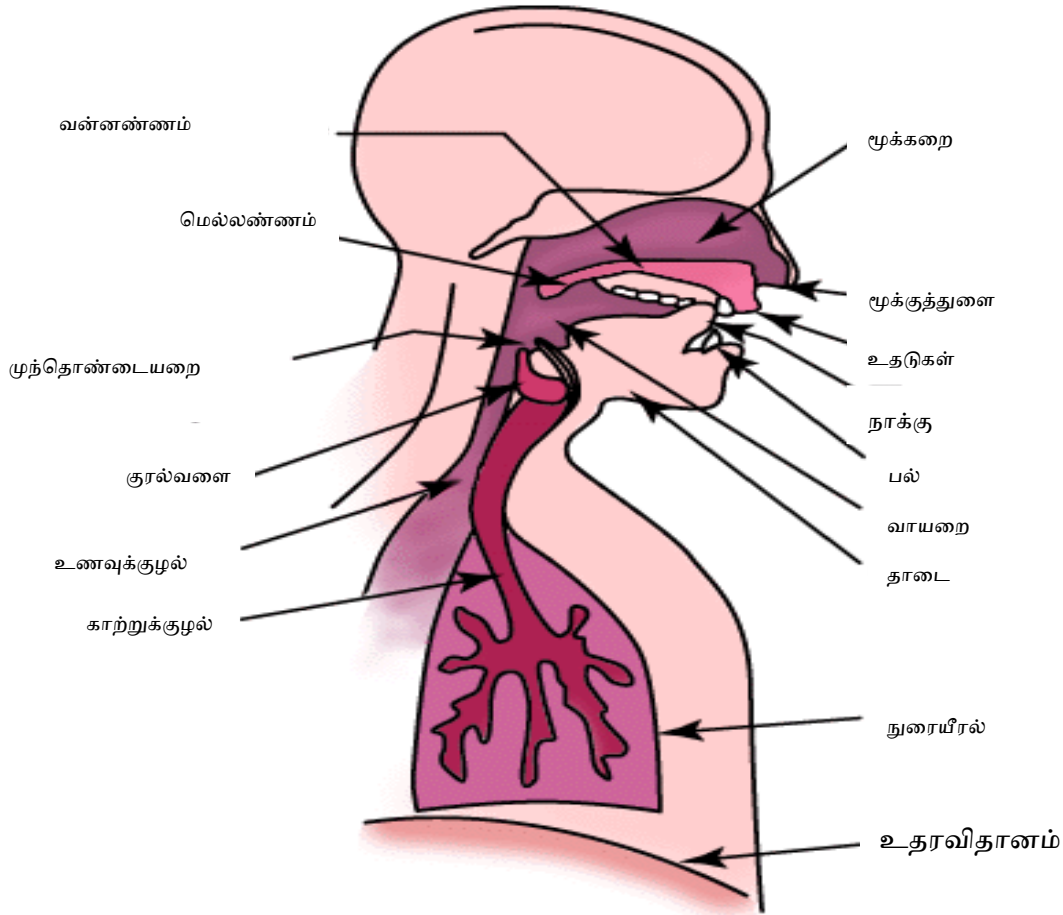
3.3. ஒலிப்பியல் ஆய்வு

முன்னர் கூறியபடி பேச்சொலிகளின் பிறப்பு பற்றி ஆய்வது ஒலிப்பியல் ஆய்வாகும். இதில் ஒலியுறுப்புகள் பற்றியும் அவை எவ்வாறு வேறுபட்ட ஒலிகளை உருவாக்குகின்றன என்பது பற்றியும் அவற்றை ஒலிப்பிடம் அடிப்படையிலும் ஒலிப்புமுறை அடிப்படையிலும் எவ்வாறு வேறுபடுத்தலாம் என்பது பற்றியும் இங்கு விளக்கப்படும். குறிப்பாகத் தமிழ் ஒலிகளின் பிறப்பியல் பற்றி இங்கு விரிவாகப் பேசப்படும். ஒலிப்பியல் ஆய்வு ஒலியியக்கவியல் ஆய்வுக்கும் உரையிலிருந்து பேச்சாய்வுக்கும் பேச்சிலிருந்து உரையாய்விற்கும் அடிப்படையாய் அமையும்.

3.3.1. ஒலியுறுப்புகள் (organs of speech)

பேச்சொலிகளை ஒலிப்பதற்குப் பயன்படும் உடல் உறுப்புகளே ஒலியுறுப்புகள் எனப்படுகின்றன. மொழியில் உண்டாக்கக் கூடிய பேச்சொலி ஒலி எனப்படும். இவ்வொலிகளை ஒலிப்பதற்கு பயன்படும் உடல் உறுப்புகள் உறுப்பு எனப்படும். இதழ், நுரையீரல், தொண்டை, வாய், மூக்கு, பல், நாக்கு, அண்ணம் போன்றவை இதில் அடங்கும். இவற்றிற்குப் பிற செயல்கள் முதன்மைச் செயல்களாக இருந்தாலும் பேச்சொலிகளை உருவாக்குவதில் இவை பெரும் பங்கு வகிக்கின்றன. இவ்வுறுப்புகளை மூன்று பிரிவுகளாக பிரிக்கலாம். 1. நெஞ்சுப் பகுதி 2. தொண்டைப் பகுதி 3. தலைப் பகுதி. இந்தப் பகுதிகளில் முறையே உயிர்த்தல் (respiration), குரல்

எழுப்புதல் (voicing), ஒலித்தல் (articulation) என்ற மூன்று செயல்கள் நடைபெறுகின்றன. நுரையீரல் (lungs) முதல் உதடுகள் (lips) வரை உள்ள உறுப்புகளின் இயக்கங்களே பேச்சொலிகளைப் பிறப்பிக்கின்றன. ஒலியுறுப்புகள் என்னும் பெயர் நுரையீரல் முதல் உதடுகள் வரையுள்ள உறுப்புகளையும் அவற்றை இயக்கும் தசைகளையும் குறிக்கின்றது. இவ்வுடற் பகுதியைப் பேச்சுப்பாதை (speech tract) என்று அழைப்பர். ஒலியுறுப்புகளை எல்லாம் கீழ்வரும் பேச்சுப்பாதையின் படம் காட்டும்: படம் 4



பேச்சு உறுப்புகள் பின்வருவனவற்றை உள்ளடக்கும்: 1. இதழ் (உதடு) (lips), 2. பல் (teeth), 3. நுனியண்ணம் (alveolar ridge/alveolus), 4. இடையண்ணம் (dome), 5. கடையண்ணம் (velum), 6. உள்நாக்கு (uvula), 7. நுனிநா (tip of the tongue), 8. இடைநா (blade of the tongue), 9. கடைநா (dorsum), 10. அடிநா (root of the tongue), 11. மூக்கறை (nasal cavity), 12. மூக்கறை வாயில்

(velic), 13. முன்தொண்டை (pharnx), 14.காற்றுக்குழல் மூடி (epiglottis), 15. குரல்வளை மடல்கள் (vocal chords), 16. காற்றுக் குழல் (trachea), 17. குரல் வளை (larynx/adams apple).

மூக்கு (Nose)

சுவாசிப்பதற்கும் வாசனையை அறிவதற்கும் பயன்படுகிற ஒரு உடல் உறுப்பு மூக்கு எனப்படும். ஒரு வாயறை ஒலியை எழுப்பும் போது பின்னண்ணத்தைச் சற்றுத் தாழ்த்தி மூக்கறை வழியாகவும் காற்றை வெளியிட்டு வாயறை ஒலியை ஓரளவு மூக்கொலியாக மாற்றி உச்சரித்தல் நிகழும். அவன் என்ற சொல்லைப் பேச்சுத் தமிழில் அவ(ன்) என வ என்ற ஒலியை மூக்கொலி இணைத்து உச்சரித்தல் எடுத்துக்காட்டு ஆகும்.

நா (tongue)

மொழியில் காணப்படுகின்ற பல ஒலிகளை உச்சரிப்பதற்கு பயன்படும் ஓர் உறுப்பு நா. பேச்சுறுப்புகளில் அண்ணத்தை நோக்கி வளையவும், குறுகவும் செய்வது நா வளை எனப்படும். குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வோடு ஆனால் ஒலிபாதையில் எவ்விதத் தடுப்பும் உரசலும் இன்றித் தோன்றுவது உயிர்கள் எனப்படும். நாவானது நுனிநா (tip of the tongue), இடைநா (blade of the tongue), கடைநா (dorsum), அடிநா (root of the tongue) என நான்காகப் பகுக்கப்படும்.

விளிம்பு (Blade)

நுனி நாவின் முனையைச் சுற்றியும், அதனையொட்டி பின்னால் தொடர்ந்தும் அமைந்துள்ள நாவின் ஓரம் விளிம்பு ஆகும்.

இதழ் (lip)

பேசுவதற்குப் பயன்படுகின்ற உறுப்புகளில் இதழ் முக்கியமான உறுப்பாகக் கருதப்படுகிறது. மொழியில் உள்ள ஒலிகளான உயிரொலிகளையும் மெய்யொலிகளையும் உச்சரிக்கும் போது இதழின் பங்கு முக்கியமானதாக உள்ளது. பேச்சுறுப்புகளில் இதழ் அசையும் உறுப்பாகும். இதனை மேலிதழ் (upper lip), கீழிதழ் (lower lip) என்று இரண்டாக வகைப்படுத்தலாம். சில ஒலிகளை உச்சரிப்பதில் கீழிதழும், சில ஒலிகளை உச்சரிப்பதில் மேலிதழும் செயல்படுவதால் ஒலி வகைகளின் அடிப்படையில் இவ்வேற்றுமை முக்கியமானது எனலாம். கீழிதழ் போல் மேலிதழ் எந்த ஒலியையும் ஒலிப்பதில் தனியாகச் செயற்படுவதில்லை. உயிரொலிகளைப் பொறுத்தவரையில் இதழ்களின் பங்கு மிகவும் முக்கியமானது. சில

உயிரொலிகள் உச்சரிக்கப்படும் போது இதழ்கள் குவிந்தும் வேறு சில உயிரொலிகள் உச்சரிக்கப்படும் போது விரிந்தும் செயற்படுகின்றன.

பல் (tooth)

பேச்சுறுப்புக்களுள் மற்றொரு முக்கியமான உறுப்பு பல் ஆகும். பல் ஒரு நிலையொலிப்பி அல்லது அசையா உறுப்பு ஆகும். பல்லொலிகளின் பிறப்பிடம் பல்லாகும். பல் வாயில் சொற்களை உச்சரிக்க ஏற்ற வகையில் இரு தாடைகளிலும் வரிசையாக அமைந்திருக்கும் தட்டையான அல்லது கூரிய முனை கொண்ட உறுதியான வெண்ணிற உறுப்பு ஆகும். ஒலியியலில் பல் என்பது மேற்பல் வரிசையையும் கீழ்ப்பல் வரிசையையும் குறிக்கிறது. இது அண்பல்லையும் (alveolar) அண்ணத்தையும் (palate) சுற்றி அமைந்திருக்கிறது. சில ஒலிகளின் பிறப்பாக்கத்தின் போது மேற்பல் வரிசையும் கீழ்ப்பல் வரிசையும் ஒலிப்பிடங்களாக அமைகின்றன. இருந்தாலும் மேற்பல் வரிசையே பல ஒலிகள் ஒலிப்பதற்கு ஒலிப்பிடமாக அமைகிறது எனலாம்.

அண்பல் (alveolar)

அண்பல் பேச்சுறுப்புக்களில் ஓர் அசையா உறுப்பு ஆகும். இது வாயில் மேற்பல் வரிசையை அடுத்திருக்கிறது. நுனி நா அண்பல்லைப் பொருந்த பல ஒலிகள் பிறக்கின்றன. இவ்வொலிகளை அண்பல் ஒலிகள் எனலாம்.

அண்ணம் (palate)

அண்ணம் மேற்பல் வரிசையின் அடியிலிருந்து உள்நாக்கு வரை பரந்திருக்கும் கடினமானப் பகுதி. மேற்பல் வரிசையை அடுத்திருக்கும் பகுதியை அண்பல்/ நுனியண்ணம் (alveolar) என்றும் அண்பல்லை அடுத்திருக்கும் மேற்பரப்பை இடையண்ணம் (hard palate) என்றும் இடையண்ணத்தை அடுத்திருக்கும் பகுதியை கடையண்ணம் (soft palate) என்றும் அண்ணத்தைப் பிரிக்கலாம். இவற்றுள் அண்பல்லிற்கும் இடையண்ணத்திற்கும் இல்லாத ஒரு சிறப்பு கடையண்ணத்திற்கு உண்டு. மேலும் அண்ணத்தின் மேற்பரப்பை முதல் நா அண்ணம் என்றும் நுனிநா அண்ணம் என்றும் கடை நா அண்ணம் என்றும் பிரிக்கலாம். இவை ஒலிப்பின் போது இயங்காமல் நிலையாக இருப்பதால் இவை நிலையொலிப்பி (passive articulator) எனப்படும்.

உள்நா (uvula)

உள்நா வாயறையையும் (vocal cavity) மூக்கறையையும் (nasal cavity) பிரிக்க உதவும். வாயொலிகளின் (vocal sounds) உச்சரிப்பின் போது இது மூக்கறை வாயிலை அடைத்து காற்று மூக்கறைக்குச் செல்வதை தடைசெய்யும். மூக்கொலிகளின் உச்சரிப்பின் போது இது மூக்கறை வாயிலைத் திறந்து காற்று மூக்கறை வழியாகச் செல்வதை அனுமதிக்கும். குரல்வளை மடல்கள் (vocal chords) தொண்டை குருத்தெலும்புகளால் ஆன பெட்டியாகும். இப்பெட்டியில் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும் இரண்டு மெல்லிய சவ்வுகளாலான பேச்சுறுப்பை குரல்வளை மடல்கள் என்பர். குரல்வளை மடல்கள் அடைப்பு நிலையில் இருக்கும்போது பிறக்கும் ஒலியை குரல்வளை அடைப்பொலி (glottal stop) என்பர். குரல்வளை மடல்கள் அகன்று விரிந்திருக்கையில் வெளியேறும் மூச்சு அதிர்வின்றி வெளியேறும். இவ்வொலி ஓசை குன்றி இருக்கும். இவ்வாறு உச்சரிக்கப்படும் ஒலிகள் குரலிலா ஒலிகள் (voiceless sounds) எனப்படும். குரல்வளை மடல்கள் அண்மைப்பட்டு இருக்கையில் வெளியேறும் காற்று அதிர்வைப்பெறுவதால் அப்போது உச்சரிக்கப்படும் ஒலி ஓசையுடனிருக்கும். அது குரலொலி (voiced sounds) எனப்படும்.

குரல் வளை மூடி (Epiglottis)

குரல் வளை மூடி பேச்சுறுப்புகளில் ஒன்று. இது மேற் தொண்டையில் அமைந்துள்ளது. சுவாசிக்கும் குரல் வளை மூடி திறந்தே இருக்கும். இதனால் மூச்சு இதன் வழியே தங்குதடையின்றி சென்று வரும்.

வாயறை (Mouth Cavity)

வாய் பேசுவதற்கான ஒரு உறுப்பு. நுரையீரலிலிருந்து வெளியேறும் மூச்சை பல்வேறு ஒலியலைகளாக மாற்றும் பல பேச்சுறுப்புகள் அடங்கிய பகுதி வாயறையாகும். cavity என்ற ஆங்கிலச் சொல் அறை எனப் பொருள்படும். ஒலி உறுப்புகள் அடங்கிய பகுதி அறை எனப்படும். வாயறையில் உருவாகும் ஒலிகளை எல்லாம் வாயொலிகள் எனலாம். உயிரொலிகளும் பெரும்பாலான மெய்யொலிகளும் வாயொலிகளாகும். உயிரொலிகள் பிறக்கும் போது நுரையீரலிலிருந்து வெளிவரும் மூச்சு வாயில் எவ்வித தடையுமின்றி வெளியேறும். மாறாக மெய்யொலிகள் பிறக்கும் போது மூச்சு வாயின் பல இடங்களில் தடைப்பட்டும் மாற்றமடைந்தும் வெளியேறும். இவ்வாறு மூச்சு வாயில் தடைப்பட்டும் தடைபடாமலும் வரும் இயல்பை அடிப்படையாக கொண்டே ஒலிகளை எல்லாம் இவ்விரு வகையாக வகைப்படுத்தலாம்.

மூக்கறை (nasal cavity)

மூக்கு துவாரங்களுக்கும் உள்நாவுக்கும் இடைப்பட்ட பகுதி மூக்கறையாகும். உள்நா வாயறையையும் (vocal cavity) மூக்கறையையும் (nasal cavity) பிரிக்க உதவும். வாயொலிகளின் (vocal sounds) உச்சரிப்பின் போது இது மூக்கறை வாயிலை அடைத்து காற்று மூக்கறைக்குச் செல்வதைத் தடைசெய்யும். மூக்கொலிகளின் உச்சரிப்பின் போது இது மூக்கறை வாயிலைத் திறந்து காற்று மூக்கறை வழியாகச் செல்வதை அனுமதிக்கும். மூக்கறைவழியாக காற்று செல்லுகையில் உச்சரிக்கப்படும் ஒலிகள் மூக்கொலிகள் (nasal sounds) எனப்படும்.

குரல்வளைக் காற்றறை (Glottalic Chamber)

தொண்டையில் இரண்டு மெல்லிய சவ்வுகளாலான பேச்சுறுப்பை குரல்வளை எனலாம். நுரையீரலிலிருந்து வரும் காற்று குரல்வளை மடல்களின் இடைவெளியாகச் செல்லும். இவ்விடைவெளியைக் காற்றறை என்று கூறலாம். குரல்வளை மடல்கள் அகலமாக விரிந்திருக்கும் போது நுரையீரலிலிருந்து வெளிவரும் மூச்சுக் காற்று தங்குதடையின்றி வெளியேறும். அப்போது மென்மையான சவ்வுகளாலான இக்குரல்வளை மடல்களில் எந்த விதமான அதிர்வும் இருப்பதில்லை. இதுவே குரல்வளைக் காற்றறை எனப்படும்.

3.3.2. மூச்சோட்ட இயக்கம் (air-stream process)

மூச்சுக்காற்றானது மூக்கு மற்றும் வாய் வழியாக விரைந்து நுரையீரலுக்குச் சென்று வருதலை மூச்சோட்டம் எனலாம். நுரையீரல் முதல் குரல்வளையுள்ள உறுப்புகளின் இயக்கத்தை மூச்சோட்ட இயக்கம் (air-stream process) குரல்வளையில் நிகழ்வதை ஒலிப்புடமை இயக்கம் (phonation process) குரல்வளை முதல் உதடுவரை நிகழ்வதை ஒலிப்பு இயக்கம் (articulatory process) என்றும் மூக்கறையில் நிகழ்வதை வாய்மூக்கு இயக்கம் (oral-nasal process) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றது. ஒலிப்புகள் மூச்சோட்ட இயக்கத்தை மாற்றி பலவித ஒலிகளை எழுப்புகின்றது எனலாம்.

நுரையீரல் காற்று (Pulmonic air)

மூச்சுக் காற்று நுரையீரலிலிருந்து வெளியேறுகின்ற நிலையையே நுரையீரல் காற்று எனலாம். நுரையீரல் மனித உடல் உறுப்புகளில் ஒன்று. மனிதனின் மார்புக் கூட்டினுள்ளே சவ்விலான பைகளைப் போன்ற அமைப்போடு கூடிய இரு சுவாச உறுப்புக்களை நுரையீரல்கள் என்று கூறலாம். நுரையீரல்கள் பெரும்பாலான ஒலிகள் பிறக்கும் போது மூச்சை வெளியே

தள்ளுகிற செயலை மிகவும் சுறுசுறுப்போடு செய்கின்றன. மூச்சுக் குழல் வழியே இம்மூச்சு மேல் நோக்கி வந்து வாயின் பல்வேறு இடங்களில் தடைபட்டும் தடைபடாதும் பல ஒலிகளாகப் பிறக்கின்றன.

அகவுயிர்ப்புக் காற்று (Ingressive)

சுவாசிக்கும் போது வெளியேயுள்ள காற்று வாய் அல்லது மூக்கு வழியாகத் தொண்டையை வந்தடைந்து பின்னர் நுரையீரலை வந்தடைகிறது. இவ்வாறு உட்செல்லும் காற்றை அகவுயிர்ப்புக் காற்று எனலாம். பொதுவாக காற்று நுரையீரல்களுக்குள்ளே செல்கின்ற நிலையில் அதிகமான ஒலிகள் பிறப்பதில்லை. மிக அபூர்வமாக சில ஒலிகள் ஒலிக்கப்படலாம். ஆங்கிலத்தில் *yeah* என்ற சொல்லை காற்று நுரையீரல்களுக்குள்ளே செல்லும் நிலையில் சில ஆங்கிலேயர்கள் உச்சரிப்பதை இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம்.

புறவுயிர்ப்புக் காற்று (Egressives)

காற்று சுவாசிக்கும்போது அகவுயிர்பினால் நுரையீரலை வந்தடைந்து காற்று மீண்டும் தொண்டையை அடைந்து வாய் அல்லது மூக்கு வழியே வெளியேறுகிறது. இவ்வாறு வெளியேறும் காற்றைப் புறவுயிர்ப்புக் காற்று எனலாம். பொதுவாக எல்லா ஒலிகளும் காற்று நுரையீரலிலிருந்து வெளியேறும் நிலையிலையே பிறக்கின்றன. நுரையீரலிலிருந்து வெளியேறும் காற்றின் துணையின்றியும் சில ஒலிகளை ஒலிக்க முடியும். எடுத்துக்காட்டாக tut-tut, tsk-tsk போன்ற சொட்டையொலிகளை ஒலிக்கும்போது இக்காற்றின் தேவையின்மையை உணர முடியும்.

3.3.3. ஒலிப்பிகள் (Articulators)

பேச்சொலி எழுப்பும் உறுப்புகள் ஒலிப்பி எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, நாக்கு, அண்ணம், பல், உதடு போன்றவை. ஒலிப்பிகள் நிலை ஒலிப்பிகள் (fixed articulator), இயங்கு ஒலிப்பிகள் (active articulator) என இருவகைப்படும். ஒலிகள் ஒலிக்கும் போது இயங்காதிருப்பன நிலை ஒலிப்பிகளாகும். எடுத்துக்காட்டாக அண்ணம் நிலை ஒலிப்பியாகும். ஒலிகள் ஒலிக்கும் போது இயங்குவன இயக்க ஒலிப்பிகளாகும். எடுத்துக்காட்டாக நா இயக்க ஒலிப்பியாகும்.

இயங்கு ஒலிப்பி (active articulator)

ஒலிப்பாதையில் ஒலிகள் எழுப்பப்படும் போது நிலை ஒலிப்பிகளுடன் இயங்கி ஒலிகளை எழுப்பும் ஒலிப்பாதை உறுப்பு இயங்கு ஒலிப்பி எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு நாக்கு இது நிலை ஒலிப்பியமான அண்ணத்தைத் தொட்டு ன், ண், ட், ள் போன்றவை ஒலிகளை எழுப்புகிறது.

நிலை ஒலிப்பி (fixed articulator)

ஒலிப்பாதையில் ஒரு ஒலி எழும் போது இயங்கா நிலையில் உள்ள ஒரு ஒலிப்பாதை உறுப்பு நிலை ஒலிப்பி எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக அண்ணம் நிலை ஒலிப்பி ஆகும். நாக்கு அண்ணத்தைத் தொட்டு ன், ண், ட் போன்ற ஒலிகளை எழுப்பும் போது நாக்கு மட்டுமே இயங்குகிறது. அண்ணம் இயங்குவதில்லை.

3.3.4. ஒலிப்பிடம் (Point of articulation)

ஒலிப்பாதையின் பல்வேறு பகுதியில் பல்வேறு உறுப்புகளால் ஒலியைத் தடுத்து நிறுத்தி பல்வேறு ஒலிகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்த உறுப்புகள் ஒலிப்பிடம் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டு இரு இதழ்கள் இணைந்து காற்றைத் தடுத்து நிறுத்துவதால் ப் என்ற ஒலி பிறக்கிறது. இது ஒரு ஒலிப்பிடம். ஒலி பிறக்கும் இடத்தை குறிப்பது ஒலிப்பிடம் எனப்படும். ஒலிப்பு என்பது மொழியில் சொற்கள் உச்சரிக்கப்படும் முறை அல்ல. மொழிக்கு உரிய ஒலிகளை வெளிப்படுத்தும் முறையாகும்.

இதழ் ஒலிகள் (Labial Sounds) - ப், ம் [p, m]

பல்லொலிகள் (Dental sounds) - த், ந் [t, n]

அண்பல்லொலிகள் (Alveolar sounds) - ற், ற், ன் [r, r, n]

இடையண்ண ஒலிகள் (Palatal Sounds) - ச், ஞ், ய் [c, ɲ, y]

கடையண்ண ஒலிகள் (Velar Sounds) - க், ங் [k, ŋ]

நாமடி ஒலி (Reflex Sounds) - ட், ண், ள், ழ் [t, ɳ, ʌ, ɽ]

3.3.5. ஒலிப்பு முறை (manner of articulation)

ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் ஒலிகளை வெடிப்பொலி, உரசொலி, மருங்கொலி, ஆடொலி, மூக்கொலி, வருடொலி எனப் பகுக்கலாம். (பார்க்க மெய்யொலிகள்).

நுனி நா ஒலிப்பு (Apical Articulation)

நுனி நாவினால் நிலை உறுப்புகளைத் தொட்டு உண்டாக்கும் ஒலிப்பு நுனி நா ஒலிப்பு எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக ன், த் என்பதைக் கூறலாம்.

3.3.6. ஒலிப்பு வருணனை (Articulatory Description)

ஒலிகள் பிறக்கும் இடத்தையும் பிறக்கும் முறையையும் வர்ணிப்பது ஒலிப்பு வருணனை எனப்படும். மனிதனுடைய வாயறையில் உள்ள பல், நாக்கு, அண்ணம் போன்ற பல்வேறு இடங்களிலிருந்து பல்வேறு பேச்சொலிகள் பிறக்கின்றன. பேச்சொலிகள் பிறக்கும் வகையாலும்/முறையாலும் வேறுபடும். ஒரு ஒலி பிறக்கும் இடத்தையும் வகையையும் (முறையையும்) விவரித்தல் ஒலிப்பு வருணனை ஆகும். எடுத்துக்காட்டு ப் என்ற ஒலி இரு இதழ்கள் இணைந்து பிறக்கும் ஒலி;. இது பிறக்கும் முறையால் அடைப்பொலியாகும். இவ்வாறு ப் ஈரிதழ் அடைப்பொலி என வருணனை பெறும்.

உயிரொலி (vowel)

மூச்சுக்காற்றானது வாயறையில் எவ்விதத் தங்கு தடையுமின்றி அதாவது, இயங்கு ஒலிப்பான்களுக்கும் இயங்கா ஒலிப்பான்களுக்கும் இடையே தடையின்றிச் செல்லும்போது உயிரொலிகள் பிறக்கின்றன. மெய்யொலிகள் பிறக்கும் போது முழுத்தடையோ சிறிதளவு தடையோ நிச்சயம் இருக்கும். உயிரொலிகள் மூன்று முதன்மையான பரிமாணங்கள் அடிப்படையில் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன:

- வாய் திறந்திருக்கும் அளவு (மேல், மேலிடை, கீழிடை, கீழ் அல்லது திறந்த,பகுதிதிறந்த, பகுதி மூடிய, மூடிய)
- நாவின் உயர்ந்த பகுதியின் இருப்பிடம் (முன், நடு, பின்)
- இதழ்களின் இருப்பு (குவி, விரி)

மேற்கண்ட பரிமாணங்களின் அடிப்படையில் தமிழ் உயிர்களை பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்:

இ [i] - மேல் முன் இதழ் விரி குற்றுயிரொலி

ஈ [i:] - மேல் முன் இதழ் விரி நெட்டுயிரொலி

எ [e] - மேலிடை முன் இதழ் விரி குற்றுயிரொலி

ஏ [e:] - மேலிடை முன் இதழ் விரி நெட்டுயிரொலி

அ [a] - கீழ் நடு இதழ் விரி குற்றுயிரொலி

ஆ [a:] - கீழ் நடு இதழ் விரி நெட்டுயிரொலி

ஒ [ɔ] - மேலிடை பின் இதழ் குவி குற்றுயிரொலி

ஓ [o:] - மேலிடை பின் இதழ் குவி நெட்டுயிரொலி

உ [u] - மேல் பின் இதழ் குவி குற்றுயிரொலி

ஊ [u:] - மேல் பின் இதழ் குவி நெட்டுயிரொலி

தமிழில் பத்து உயிரொலிகளும் இரண்டு ஈருயிர்களும் உள்ளன.

பின் உயிரொலி (Back Vowel)

நாவின் பின்பகுதியை உயர்த்தி ஒலிக்கும் உயிரொலி பின் உயிரொலி எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக உ, ஓ. ஆகியவை பின்னூயிரொலி ஆகும்.

முன் உயிரொலி (front Vowel)

நாவின் முன் பகுதியைத் உயர்த்தி ஒலிக்கும் உயிரொலி முன் உயிரொலி எனப்படும். நாவின் முன்பகுதி முன் எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக இ, எ ஆகியவை முன் உயிரொலி ஆகும்.

ஈருயிர் (diphthongs)

ஓர் உயிர் ஒலியின் உச்சரிப்போடு தொடங்கி மற்றொரு உயிரொலியின் உச்சரிப்போடு முடிவடையும் உயிரொலியின் ஒலிப்பே ஈருயிர் (diphthongs) எனப்படுகிறது. இது ஒரு நெட்டுயிராக ஒலிக்கப்படுகிறது. இரண்டு உயிரொலிகளின் சாயலும் இந்நெட்டொலியில் காணப்படும். தமிழ் ஐ, ஓள ஆகிய இரண்டும் இவ்வாறு ஒலிக்கப்படும் ஈருயிர்களாகும். எ.கா. அ + இ = ஐ [ai] அ + உ = ஓள [au]

அரையுயிர் (semi vowels)

இது உயிரொலி போன்று உச்சரிக்கப்பட்டாலும் மெய்யொலி போன்று ஒலிப்பிடம் உடையதாக அமையும். எனவே மெய்யொலியின் தன்மையே அதிகம் பெற்றிருப்பதாகக் கருதப்படும். மேலும் உயிரொலி போன்று இது அசையாக (syllable) அமையாது. அதனால் ம், வ் இரண்டும் தமிழில் அரை உயிர்களாகக் கருதப்படுகின்றன. அவை முறையே இ, உ என்ற உயிர்களின் தன்மையைப் பெற்று விளங்குகின்றன.

குற்றுயிர்கள் (short vowel) நெட்டுயிர்கள் (long vowels)

ஒவ்வொரு ஒலியும் அவ்வொலிக்கே உரிய கால அளவோடு உச்சரிக்கப்படுகிறது. இக்கால அளவு மாத்திரை எனப்படும். சில ஒலிகளை உச்சரிக்கும் கால அளவு குறுகியும், சில ஒலிகளை உச்சரிக்கும் கால அளவு நீண்டு இருக்கும். ஒரு மாத்திரை கால அளவில் பிறக்கும் ஒலிகளை குறில் (short vowel) என்றும், இரண்டு மாத்திரை கால அளவில் பிறக்கும் ஒலிகளை நெடில் (long vowel) என்றும் வகைப்படுத்தலாம்.

விறைப்புயிர்கள் (tense vowels)

பேச்சுறுப்புகளின் தசையில் அதிகமான விறைப்பை ஏற்றி எழுப்பப்படும் உயிர்களுக்கு விறைப்புயிர்கள் என்று பெயர். உயிரொலிகளில் குறடில், நெடில் பாகுபாடில்லாத மொழிகளில் இவை விறைப்புயிர்களாக உச்சரிக்கப்படும் இயல்பைக் காணலாம். எடுத்துக்காட்டாக இந்தி மொழியில் [e, o, a] ஆகிய ஒலிகள் விறைப்புயிர்களாகும். தமிழ் மொழியில் நெட்டுயிர்களை விறைப்பாக உச்சரிக்கும் இயல்பு உண்டு. பிரெஞ்சு மொழியில் இவ்வகை உயிர்கள் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படுகின்றன.

நாவளை உயிர்கள் (Retroflex vowels)

உயிரொலிகளின் பிறப்பாக்கத்தில் இடைநா இடையண்ணத்தை நோக்கி எழும் போது முன்னுயிர்களும், இடைநாவிற்கும் கடைநாவிற்கும் இடையே உள்ள அண்ணப்பகுதியை நோக்கி எழும் போது நடுவுயிர்களும் பிறக்கின்றன. நா இவ்வாறு செயற்படும் போது நுனி நா மேற்பல் வரிசையை நோக்கியோ அல்லது அண்பல்லை நோக்கி வளைந்தோ அல்லது இடையண்ணத்தை அடுத்து வளைந்தோ இருக்கும். இவ்வுயிர்கள் நாவளை உயிர்கள் எனப்படும்.

நெகிழ்வுயிர்கள் (Lax Vowels)

பேச்சுறுப்புகளின் தசைப்பகுதி தளர்ந்திருக்க எழுப்பப்படும் உயிர்களை நெகிழ்வுயிர்கள் எனலாம்.

குரலொலி (voiced sound)

குரலொலி என்பது குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வுடன் எழுப்பப்படும் ஒலி எனப் பொருள்படும். நுரையீரலிலிருந்து வெளியேறும் மூச்சு குரல்வளை மடல்களைக் கடந்த பின்னரே பல்வேறு ஒலிகள் பிறக்கின்றன. இக் குரல்வளை மடல்கள் ஓர் ஒலியை ஒலிக்க நெருக்கமாகக் கொணரும் போது அவை அதிர்கின்றன. இவ்வதிர்வோடு பிறக்கும் ஒலியை குரலொலி என்றுக் கூறலாம்.

குரலிலா ஒலி (voiceless sound)

குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வோடும் அதிர்வில்லாமலும் பிறக்கும் ஒலிகளை எளிதில் இனங்கண்டு கொள்ள முடியும். இரண்டு காதுகளையும் நன்றாகப் பொத்திக் கொண்டு ஆங்கில மொழியில் உள்ள *pack*, *bag* என்ற வார்த்தைகளை ஒன்றன் பின் ஒன்றாக உரக்க உச்சரித்தால் இரண்டாவது வார்த்தையில் தொடர்ச்சியாக ஒரு விதமான அதிர்வு இருப்பதை உணர முடியும்.

இவ்வதிர்வை விரல்களால் குரல்வளையை மென்மையாக அழுத்திப் பார்த்தும் உணரலாம். *pack* என்ற வார்த்தையை உச்சரிக்கும் போது இவ்வதிர்வு இருப்பதில்லை. மெய்யொலிகளில் அதிர்வொலிகளில் அதிர்விலா ஒலிகளுக்கு இணையாக அதிர்வொலிகள் உள்ளன.

மெய்யொலிகள் (consonants)

மூச்சுக்காற்று ஒலியுறுப்பால் தடுத்து நிறுத்தப்படுவதாலோ வேறுவகையில் மாற்றப்படுவதாலோ மெய்யொலிகள் பிறக்கின்றன. அதாவது நுரையீரலிலிருந்து வெளியேறும் மூச்சு வாயறையில் அடைபடவோ அல்லது சிறிய இடுக்கின் வழியாகச் செல்லவோ அல்லது நாவின் இருமருங்கு வழியாகச் செல்லவோ அல்லது கடையண்ணம் மூக்கறை வாயிலைத் திறக்க மூக்கறையில் ஒலியூக்கம் பெற்று நாசி துவாரங்கள் வழியாக வெளியேறவோ செய்கையில் மெய்யொலிகள் பிறக்கின்றன. ஒலிப்பிடத்தையும் (இயங்கும் ஒலிப்பானும் இயங்கா ஒலிப்பானும் தொடர்பு கொள்ளுமிடம்) ஒலிப்பு முறையையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு மெய்யொலிகளைத் தெளிவாக விளக்கலாம். இருப்பிடத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு மெய்யொலிகளைப் பின்வருமாறு பகுக்கலாம்.

இதழ் ஒலிகள் (Labial Sounds) - ப், ம் [p, m]

பல்லொலிகள் (Dental Sounds) - த், ந் [t, n]

அண்பல்லொலிகள் (Alveolar sounds) - ற், ர், ண் [r, r, n]

இடையண்ண ஒலிகள் (Palatal Sounds) - ச், ஞ், ய் [c, ɲ, y]

கடையண்ண ஒலிகள் (Velar Sounds) - க், ங் [k, ŋ]

நாமடி ஒலி (Reflex Sounds) - ட், ண், ள், ழ் [t, ŋ, l, λ]

ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் ஒலிகளை வெடிப்பொலி, உரசொலி, மருங்கொலி, ஆடொலி, மூக்கொலி, வருடொலி எனப் பகுக்கலாம். இவ்வொலிகளின் வேறுபட்ட ஒலிப்பிடங்களையும் ஒலிப்பு முறைகளையும் அறிந்துகொள்வோம்.

அடைப்பொலி (stop or plosive)

இவற்றை வெடிப்பொலி (plosive) என்றும் கூறுவர். வாயறையின் ஒரிடத்தில் மூச்சுக்காற்று முழுவதும் தடை செய்யப்பட்டு திடீரென்று வெடிப்போடு வெளியேறினால் அதற்கு அடைப்பொலி என்று பெயர். இவ்வொலிப்பின் போது கடையண்ணம் மூக்கறையினுள் மூச்சு

செல்லாதவாறு அடைக்கின்றது. குரல்வளை மடல்கள் அதிரவோ அதிராமலோ இருக்கலாம். தமிழில் வல்லின மெய்கள் அடைப்பொலிகளாகும். எ.கா. க், ச், ட், த், ப் [k, c, t, p].

மூக்கொலி (nasal)

அடைப்பொலி போலவே அமைந்து அண்ணக்கடை திறந்து மூக்கறை வழியே மூச்சுக்காற்று வெளியே செல்லும் போது மூக்கொலி தோன்றும். பெரும்பாலும் மூக்கொலி உண்டாகும்போது குரல்வளை மடல்கள் அதிர்கின்றன. தமிழில் மெல்லின மெய்கள் மூக்கொலிகளாகும்: ங், ஞ், ண், ன், ம், ன் [ŋ, ɲ, ñ, m, n].

உரசொலி (affricate)

வாயறையில் மூச்சுக்காற்று வரும்போது முழுவதும் தடுக்காமால் மூச்சு வெளியேறும் பாதையை ஒலிப்பானால் குறுக்கி அந்த இடுக்கின் வழியே செலுத்தினால் உராய்வுத்தன்மை (கசு+உவடிஇ) ஏற்படும். இப்படி உராய்வுத் தன்மையோடு பிறக்கும் ஒலிகளே உரசொலிகள் எனப்படுகின்றன. தமிழில் சகரம் /C/ பாண்டி நாட்டுத் தமிழைத்தவிர பிற மாவட்டங்களில் /S/ என்று உரசொலியாகவே உச்சரிக்கப்படுகிறது. உரசொலி உண்டாகும் போது குரல்வளை மடல்கள் அதிர்ந்தும் அதிராமலும் இருக்கலாம். அப்போது அண்ணக்கடை அடைப்பும் ஏற்படும் [β, f, s, y, h].

மருங்கொலி (lateral)

மூச்சுக்காற்று வாயறையில் ஓர் இடத்தை அடைத்து நாக்கின் இரு மருங்கிலும் வெளியேறும் போது பிறக்கும் ஒலி மருங்கொலி எனப்படுகிறது. ல், ள், ழ் [l, ɭ, ʎ] மூன்றும் மருங்கொலிகளாகும். வருடொலி (flap) நாக்கின் நுனி மேலே எழுந்து உள்நோக்கி வளைந்து பின் வேகமாகக் கீழே வரும்போது அண்ணத்தில் மோதுவதால் எழுகிற ஒலியே வருடொலி. ஆடொலி (trill) மூச்சுக்காற்று வெளியேறும் போது இதழ்களோ நுனி நாக்கோ உள்நாக்கோ வேகமாக அதிர்ந்து ஆடும்படி அமைகிற ஒலியே ஆடொலி எனப்படுகின்றது. இன்று குமரி மாவட்ட மக்களால் மட்டுமே தமிழ் வழக்கில் ற் [r] என்ற ஆடொலி உச்சரிக்கப்பட்டு வருகிறது.

நுனி நா ஒலிப்பு (Apical Articulation)

நுனி நாவினால் அண்ணத்தைத் தொட்டு உண்டாக்கும் ஒலி நுனி நா அண்ணவொலி எனப்படும்.

3.7. தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு

தமிழ் ஒலிகளை ஒலிப்பு அடிப்படையில் உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள் எனப்பகுத்து ஆயலாம்.

3.7.1. உயிரொலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு

மூச்சுகாற்றானது வாயறையில் எவ்வித தங்கு தடையுமின்றி அதாவது, இயங்கு ஒலிப்பான்களுக்கும் இயங்கா ஒலிப்பான்களுக்கும் இடையே தடையின்றி செல்லும் போது உயிரொலிகள் பிறக்கின்றன. மெய்யொலிகள் பிறக்கும் போது முழுத்தடையோ சிறிதளவு தடையோ நிச்சயம் இருக்கும். உயிரொலிகள் மூன்று முதன்மையான பரிமாணங்கள் அடிப்படையில் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன.

1. வாய் திறந்திருக்கும் அளவு (மேல், மேலிடை, கீழிடை, கீழ் அல்லது திறந்த, பகுதி திறந்த, பகுதி மூடிய, மூடிய)
2. நாவின் உயர்ந்த பகுதியின் இருப்பிடம் (முன், நடு, பின்)
3. இதழ்களின் இருப்புநிலை (குவி, விரி)

மேற்கண்ட பரிமாணங்களின் அடிப்படையில் தமிழ் உயிர்களை பின்வருமாறு பகுத்தாயலாம்.

- இ – மேல் முன் இதழ் விரி குற்றுயிரொலி
- ஈ – மேல் முன் இதழ் விரி நெட்டுயிரொலி
- எ – மேலிடை முன் இதழ் விரி குற்றுயிரொலி
- ஏ – மேலிடை முன் இதழ் விரி நெட்டுயிரொலி
- அ – கீழ் நடு இதழ் விரி குற்றுயிரொலி
- ஆ – கீழ் நடு இதழ் விரி நெட்டுயிரொலி
- ஒ – மேலிடை பின் இதழ் குவி குற்றுயிரொலி
- ஓ – மேலிடை பின் இதழ் குவி நெட்டுயிரொலி
- உ – மேல் பின் இதழ் குவி குற்றுயிரொலி
- ஊ – மேல் பின் இதழ் குவி நெட்டுயிரொலி

தமிழில் பத்து உயிரொலிகளும் இரண்டு ஈருயிரொலிகளும் உள்ளன.

ஈருயிர்

ஓர் உயிரொலியின் உச்சரிப்போடு தொடங்கி மற்றொரு உயிரொலியின் உச்சரிப்போடு முடிவடையும் உயிரொலியின் ஒலிப்பே ஈருயிர் எனப்படுகின்றது. இது ஓர் நெட்டுயிராக ஒலிக்கப்படுகின்றது. இரண்டு உயிரொலிகளின் சாயலும் இந்நெட்டொலியில் காணப்படும். தமிழ் ஐ, ஒள ஆகிய இரண்டும் இவ்வாறு ஒலிக்கப்படும் ஈருயிர்களாகும்.

அ + இ = ஐ

அ + உ = ஒள

3.7.2. மெய்யொலிகளின் ஒலிப்பியல் ஆய்வு

ஒலிப்பிடத்தையும் (இயங்கும் ஒலிப்பானும் இயங்கா ஒலிப்பானும் தொடர்புகொள்ளும் இடம்) ஒலிப்பு முறையையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு தமிழ் மெய்யொலிகளை பகுத்தாயலாம். இருப்பிடத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு தமிழ் மெய்யொலிகளைப் பின்வருமாறு பகுக்கலாம்.

இதழ் ஒலிகள் – ப், ம்,

பல்லொலிகள் – த், ந்

அண்பல்லொலிகள் – ற், ர், ன்

இடையண்ண ஒலிகள் – ச், ஞ், ய்

கடையண்ண ஒலிகள் – க், ங்

நாமடி ஒலிகள் – ட், ண், ள், ழ்

ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் தமிழ் மெய்யொலிகளை வெடிப்பொலி, உரசொலி, ஆடொலி, மூக்கொலி, வருடொலி எனப் பகுத்தாயலாம்.

வெடிப்பொலி

வாயறையின் ஓரிடத்தில் மூச்சுக் காற்று முழுவது தடை செய்யப்பட்டு திடீரென்று வெடிப்போடு வெளியேறினால் அதற்கு வெடிப்பொலி என்று பெயர். அப்போது அண்ணக்கடை அடைப்பு ஏற்படும். தமிழில் வல்லின ஒலிகளே வெடிப்பொலிகளாகும்: க், ச், ட், ட், த், ப்.

மூக்கொலி

அடைப்பொலி போலவே அமைந்து அண்ணக்கடை திறந்து மூக்கறை வழியே மூச்சுக்காற்று வெளியே செல்லும் போது மூக்கொலி அல்லது மெல்லினம் தோன்றும். பெரும்பாலும் மூக்கொலி உண்டாகும் போது குரல் வளை மடல்கள் அதிர்கின்றன. பின்வரும் தமிழ் மெய்யொலிகள் மூக்கொலிகளாகும்: ங், ஞ், ண், ந், ம், ன்.

உரசொலி

வாயறையில் மூச்சுக்காற்று வரும்போது முழுவதும் தடுக்காமல் வெளியேறும் பாதையை ஒலிப்பானால் குறுக்கி அந்த இடுக்கின் வழியே செலுத்தினால் உராய்வுத் தன்மை ஏற்படும். இப்படி உராய்வுத்தன்மையுடன் பிறக்கும் ஒலிகளே உரசொலிகள் எனப்படுகின்றன. தமிழில் சகரம் (ச) பாண்டிநாடுத் தமிழைத் தவிர் பிற மாவட்டங்களில் ஸ் என்று உரசொலியாகவே உச்சரிக்கப்படுகின்றது. உரசொலி உண்டாகும் போது குரல்வளை மடல்கள் அதிர்ந்தோ அதிராமலோ இருக்கலாகும்.

மருங்கொலி

மூச்சுக்காற்று வாயறையில் ஓர் இடத்தை அடைத்து நாக்கின் இரு மருங்கிலும் வெளியேறும் போது பிறக்கும் ஒலி மருங்கொலியாகும். தமிழில் ல், ள், ழ் என்பன மருங்கொலிகளாகும்.

வருடொலி

நாக்கின் நுனி மேலே எழுந்து உள்நோக்கி வளைந்து பின் வேகமாக கீழே வரும்போது அண்ணத்தில் மோதுவதால் எழுகிற ஒலியே வருடொலி எனப்படும். தமிழில் [ர்] வருடொலியின் கண் படும்.

ஆடொலி

மூச்சுக்காற்று வெளியேறும் போது இதழ்களோ நுனி நாக்கோ உள்நாக்கோ வேகமாக அதிர்ந்து ஆடும்படி அமைகிற ஒலியே ஆடொலி எனப்படுகின்றது. இன்று குமரிமாவட்ட மக்களால் மட்டுமே [ற்] என்ற ஆடொலி உச்சரிக்கப்படுகின்றது.

3.4. தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு

இப்பகுதியில் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு ஒலிவர்ணனைப் படத்தின் உதவியுடன் விளக்கப்படும். தமிழ் ஒலியியக்கவியல் குறித்த முருகையன் மற்றும் இரவிசங்கரின் ஆய்வுகள் மிக முக்கியமானவையும் அடிப்படையானவையும் ஆகும். இரவிசங்கரின் தமிழ் இசையோட்டம் குறித்த ஆய்வு (Ravisankar 1980, 1988, 1994) உரையிலிருந்து பேச்சாகத்திற்கு இயற்கைத் தன்மையை நல்க பனுள்ளதாய் அமையும். கருவி ஒலியியக்கவியல் அடிப்படையிலான யக்யநாராயணா, ஹேமா மூர்த்தி, ராஜேந்திரன் ஆகியோரின் ஆய்வுகளும் நல்ல நோக்கீடுகளாக அமையும்.

3.4.1. தமிழ் ஒலியியக்கவியல் பற்றிய முந்தைய ஆய்வுகள்

தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு கட்டுரைகள் பல வெளிவந்துள்ளன (பார்க்க நோக்கீட்டுநூல்கள்). சில ஆய்வுகள் குறிப்பிட்ட தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் குறித்து ஆய்ந்தன. எடுத்துக்காட்டாக [ழ்], [ள்] என்ற ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு பல உண்மைகள் வெளிவந்துள்ளன (Narayan et al 1999). நடனசபாபதியின் தமிழ் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வுகளும் (Natanasapapathy 1974, 2002) நல்ல நோக்கீடுகளாக அமையும். கார்த்திகா என்பவரால் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு ஒரு ஆய்வுத்திட்டமாக மேற்கொள்ளப்பட்டு வருவதாக இணையதளம் மூலம் அறியமுடிகின்றது. ஸ்ரீநாத் மற்றும் பிறர் (Srinatha et al 1999) தமிழ் ல், ள், ற், ழ் ஆகிய ஒழுக்கொலிகள் பற்றி ஒலியியக்கவியல் அடிப்படையில் ஆய்வு செய்துள்ளனர். அவர்கள் ஒழுக்கொலிகளின் ஒலிப்பு-ஒலியிக்க உறவுகள் பற்றி ஆய்ந்துள்ளனர். யக்யநாராயணா, ஹேமா மூர்த்தி ஆகியோரின் ஆய்வுகளும் (Hema Murthy and Yegnanarayana 1991) இங்கு குறிப்பிடத் தகுந்தன.

3.4.2. தமிழ் ஒலியியக்கவியல் பற்றிய தற்போதைய ஆய்வு

தமிழ் ஒலியன்களின் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள் இவ்வாய்வில் ஆயப்படுகின்றன. தமிழில் 45 ஒலியன்கள் உள்ளன; இவை உயிர்களையும், மெய்களையும் உயிர் ஒன்றிணைப்புகளையும் உட்படுத்தும். இவ்வொலியன்களைக் கொண்டிருக்கும் எல்லா சொற்களும் 3D Sound Blaster Pro in G-60 Hewlett Packard-இல் இணைக்கப்பட்டுள்ள லாப்டெக் ஒலிபெருக்கியைப் (Labtech Microphone) பயன்படுத்தி ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளன. கேட்பை பிடிக்க துடுக்கு பயன்படுத்தப்பட்டது மற்றும் எல்லா சொற்களும் ஓரொலியாக 16KHZ மாதிரி விகிதத்துடன் மற்றும் 16 பைட் ஆழத்துடன் பதிவு செய்யப்பட்டன.

.wav கோப்பை மடலாப்புக்குள் (MATLAB) படித்தவுடன் பிளாட் கட்டளை ஆயப்பட்டுள்ள சொல்லின் காலப் பொருண்மைக்கள அலைவடிவைப் படம் வரைய பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

ஒலிநிறமாலை வரைவு/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம் (Spectrogram) எவ்வாறு கால அடிப்படையில் குறிகையின் வண்ணப்பட்டை அடர்த்தி வேறுபடுகின்றது என்பதைக் காட்டும் தோற்றமாகும். சொற்களின் குறுகிய மற்றும் அகன்ற வண்ணப்பட்டைப் பதிவு நிழற்படங்கள் ஆயப்பட்டு காட்டப்படுகின்றது. குறுகிய பட்டை நிறமாலை வரைவுகள் கிடைமட்டமான

ஒத்திசைகளும் அகன்ற பட்டை நிறமாலை வரைவுகள் செங்குத்து ஒத்திசைகளும் உள்ளன என்பது கவனத்தில் கொள்ளப்படுகின்றது. ஒலிநிறமாலை வரைவின்/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம் முப்பரிமாண வரைபடமும் காட்டப்படுகின்றது.

ஒலியனைக் கொண்டிருக்கும் சொல்லின் பகுதி கருத்தில் கொள்ளப்படுகின்றது மற்றும் இப்பகுதியின் பரும அளவு நிறமாலை டெசிபெல்லில் வரையப்படுகின்றது.

பரும நிறமாலை வரைவு/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம் நேர்கோடான ஊக நிறமாலைசார் உறையுடன் மேல்சுமத்தப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு சொல்லின் பகுதியின் நீளம் வேறாகும். எனவே சொல்லில் ஒலியன் வரும் இடங்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன மற்றும் பரும நிறமாலை நேர்கோடான ஊக நிறமாலைசார் உறை வரையப்படுகின்றது.

இவ்வாய்வில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள சொற்கள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சொல்லும் கால அலைவடிவம், குறுகிய பட்டை நிறமாலை வரைவு, அகன்ற பட்டை நிறமாலை வரைவு/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம், நிறமாலையின்/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம் முப்பரிமாண வரைவு, ஆய்வுக்குள்ளாகும் ஒலியனின் பரும வரைவு மற்றும் ஒன்றின் மேல் ஒன்று வரும் பருமம் மற்றும் நேர்கோடான ஊக நிறமாலை உறையைக் காட்டும் வரைவு. சீரான வளைவு வரைபடத்தில் கறுப்பு நிறத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும் சொல் ஒவ்வொரு பக்கத்திலும் ஒன்றிணைக்கப்பட்டுள்ளவைகளைச் சுட்டுவதால் சொல்லைக் கேட்க இயலும்.

தமிழ் ஒலிகளை பிராத் போன்ற மென்பொருளைப் பயன்படுத்தி ஒலியியக்கப் பின்னணியில் ஆய இயலும். பிராத் தமிழ் ஒலிகளின் ஒலியியக்கக் பண்புக்கூறுகளை நிறமாலை நிழற்படங்களாகத் தரவல்லது. இந்நிறமாலை நிழற்படங்கள் மூலம் தமிழ் உயிரொலிகள் மற்றும் மெய்யொலிகள் ஒலியியக்க அடிப்படையில் ஆயப்பட்டு ஆய்வு முடிவுகள் தரப்பட்டுள்ளன.

ஒலிப்பு முறையில் ஏற்படும் வேறுபாடுகளை ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளின் வேறுபாடுகளுடன் தொடர்புபடுத்திப் பார்க்க இயலுகின்றது. தமிழ் உயிரெழுத்துக்கள் அவற்றில் ஒலிச்செறிவு அமைப்பால் வேறுபடுவதை அறிய முடிகின்றது. உயிரெழுத்துகளின் ஒலிச்செறிவு அமைப்பு அவை வரும் சூழல் அடிப்படையில் மாறுவதையும் அறிய முடிகின்றது. மெய்யெழுத்துக்கள் அவற்றின் ஒலிப்பிடம் மற்றும் ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் வேறுபடுவதன்

காரணமாக அவ்வேறுபாடு அவற்றின் ஒலியியக்கப்பண்புகூறுகள் அடிப்படையிலும் வேறுபடுகின்றன. ஒலிப்பிடங்களையும் அவற்றுடன் தொடர்புள்ள ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகளையும் ஒலிப்புமுறைகளையும் அவற்றுடன் தொடர்புள்ள ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகளையும் தொடர்புபடுத்திப் பார்க்க இயலுகின்றது.

3.4.2.1 தமிழ் உயிர்களின் ஒலியியக்கவியல் ஆய்வு

தமிழில் இ, ஈ, உ, ஊ, எ, ஏ, ஒ, ஓ, அ, ஆ, ஐ, ஔ என்ற உயிரொலிகள் உள்ளன. இதில் இ என்பது மேல் முன் இதழ் விரி குற்றுயிரொலியாகும்; ஈ என்பது மேல் முன் இதழ் விரி நெட்டுயிராகும். உ என்பது மேல் பின் இதழ்குவி குற்றுயிரொலியாகும். ஊ என்பது மேல் பின் இதழ் குவி நெட்டுயிராகும். எ என்பது மேலிடை முன் இதழ் விரி குற்றுயிரொலியாகும். ஏ என்பது மேலிடை முன் இதழ்விரி நெட்டுயிரொலியாகும். ஒ என்பது மேலிடை பின் இதழ் குவி குற்றுயிரொலியாகும். ஓ என்பது மேலிடை பின் இதழ் குவி நெட்டுயிரொலியாகும். அ என்பது கீழ் நடு இதழ்விரி நெட்டுயிராகும். ஆ என்பது கீழ் நடு இதழ் விரி நெட்டுயிராகும்.

உயிரொலிகளின் ஓசை குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வு மற்றும் பேச்சுக்குழாயின் நீளம் இவற்றின் இணைப்பு அடிப்படையில் தீர்மானிக்கப்படுகின்றது. குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வு எல்லா உயிரொலிகளுக்கும் குறிகையின் அதிர்வெண் உருப்படுத்தத்தில் பார்க்க இயலும் இசையத்துடன் (harmonics) காலப்புலத்தில் நிறைவற்ற காலப்பகுதி சார்ந்த அலைவடிவைத் (quasi-periodic waveform) தருகின்றது. அதிர்வெண் புலத்தில் இந்த இசையங்களுக்கு இடையிலான இடைவெளி அல்லது காலப் புலத்தில் ஒரு காலப்பகுதியின் நீளத்தின் பரஸ்பரம் ஓசையின் இசைமை (அல்லது அடிப்படை) நிகழ்வெண் ஆகும். இது பெண் குரலில் பெரும்பான்மையும் அதிகமாக இருக்கும். ஒவ்வொரு சொல்லின் நிறமாலை நிழற்பட திட்டங்களில் குரல் ஒலியன்களின் இசையம் கிடைமட்டமான (குறுகிய பட்டை) அல்லது செங்குத்தான (அகன்ற பட்டை) வரிகளாக/கோடுகளாகக் காணப்படும். எல்லா குரலொலிகளும் உயிரொலிகள் அல்ல மற்றும் எல்லா உயிரொலிகளும் குரலொலிகள் என்பதைக் கருத்தில் கொள்ளவும். நிறமாலை நிழற்படத்தில் ஒலிச்செறிவின் இருப்பிட வேறுபாடுகள் (அல்லது தூரங்கள்) இவ்வுயிரொலிகளுக்கு இடையிலான வேறுபாட்டை வெளிப்படுத்தும்.

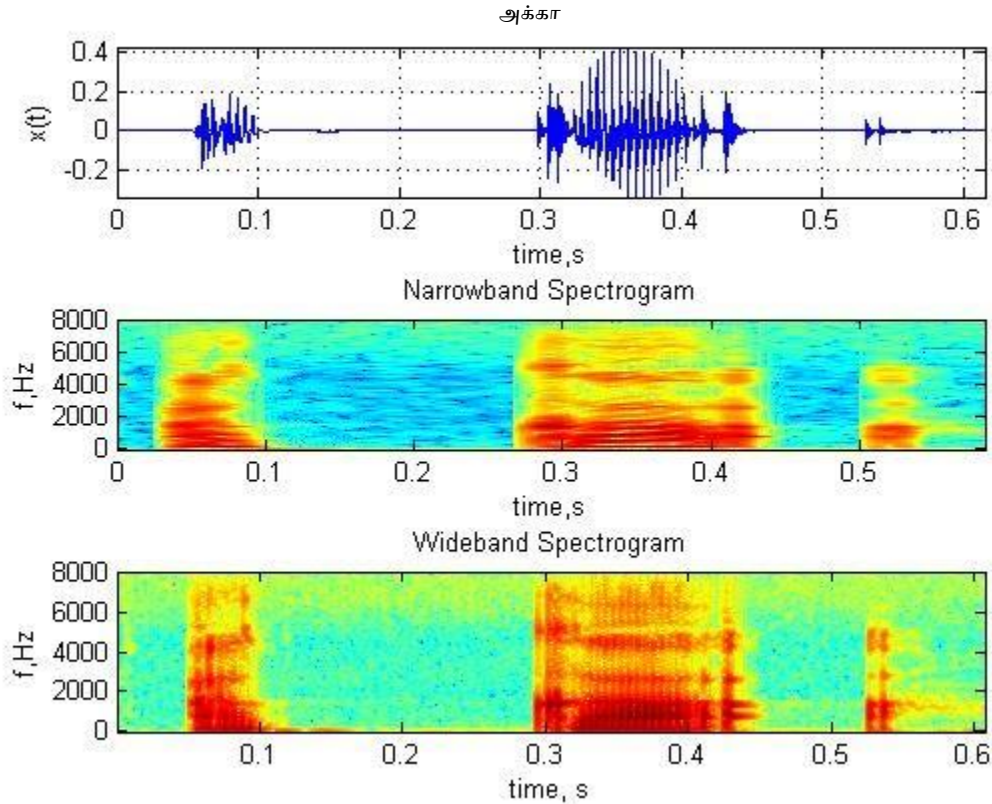
தமிழில் எல்லா உயிரொலிகளும் குரலொலிகளாகும். அவற்றின் உருவாக்கத்தில் பேச்சுக்குழல் இரண்டு அல்லது மூன்று நன்றாக அடையாளப்படுத்தப்பட்ட ஒலியூக்கங்களை அதாவது உயிரொலிச் செறிவுகளைக் (F1, F2, F3) காட்டும். ஒலிச்செறிவுகள் மனிதப் பேச்சின் வேறுபடுத்துகின்ற மற்றும் பொருள்வாய்ந்த நிகழ்வெண் கூறுகள் ஆகும். வரையறை விளக்கப்படி உயிரொலிகளுக்கிடையில் வேறுபடுத்த மனிதர்கள் தேவைப்படும் தகவல் உயிரொலிகளின் நிகழ்வெண் பொருளடக்கத்தால் அளவு அடிப்படையில் உருப்படுத்தம் செய்யவியலும். பேச்சில் இந்த சிறப்புப்பண்புப் பகுதிகள் தான் கேட்பவர்களுக்கு உயிரொலிகளை அடையாளம் காட்டுகின்றது. பெரும்பாலான இந்த ஒலிச்செறிவுகள் குழாய் மற்றும் அறை அதிர்வொலிப்பெருக்கத்தால் (tube and chamber resonance) உருவாக்கப்படுகின்றது. குறைந்த அதிர்வெண் கொண்ட ஒலிச்செறிவு F1 எனப்படும்; இரண்டாவது F2 ஆகும்; மூன்றாவது F3 ஆகும். பெரும்பான்மையும் முதல் இரு ஒலிச்செறிவுகளும், F1, F2 என்பன உயிரொலிகளின் மயக்கம் தீர்க்கப் போதுமனதாகும். இந்த இரு ஒலிச்செறிவுகள் திறந்த/மூடிய மற்றும் முன்/பின் பரிமாணங்கள் அடிப்படையில் உயிரொலிகளின் பண்பை தீர்மானிக்கின்றது. இப்பரிமாணங்கள் மரபு ஒலிப்பு விளக்க அடிப்படையில் நாக்கின் இருப்புநிலையைச் சார்ந்து அமையும். முதல் ஒலிச்செறிவு F1 திறந்த உயிரொலிகளுக்கு (அ) உயர்ந்த அதிர்வெண்ணையும் மூடிய உயிரொலிகளுக்கு (இ, உ) குறைந்த அதிர்வெண்ணையும் கொண்டிருக்கும். இரண்டாவது ஒலிச்செறிவு F2 முன்னுயிர்களுக்கு (இ, எ) உயர்ந்த அதிர்வெண்ணையும் பின்னுயிர்களுக்கு (உ, ஓ) குறைந்த அதிர்வெண்ணையும் கொண்டிருக்கும். உயிரொலிகள் பெரும்பான்மையும் நான்கோ அதற்கு மேலோ வேறுபடுத்தி அறியும் ஒலிச்செறிவுகளைக் கொண்டிருக்கும்; சில வேளைகளில் ஆறுக்கும் மேற்பட்ட ஒலிச்செறிவுகள் இருக்கும். இருப்பினும் உயிரொலியின் பண்பைத் தீர்மானிக்க முதல் இரண்டு ஒலிச்செறிவுகள் முக்கியமாகும்; இது முதல் ஒலிச்செறிவுக்கு எதிரான இரண்டாவது ஒலிச்செறிவின் வரைவு அடிப்படையில் காட்சிப்படுத்தப்படுகின்றது; இருப்பினும் இதழ்குவி போன்ற உயிரொலிகளின் பண்புகளின் சில நோக்குகளைக் கண்டுபிடிக்க போதுமானதல்ல.

உயிரொலிகளைப் பொறுத்தவரையில் ஒலிச்செறிவு அமைப்புகள் அவற்றை வேறுபடுத்தும் ஒலியியக்கக் குறிப்புகளாக உள்ளன. நாம் இந்த ஒழுங்கு முறைக்கு உட்படுகின்ற ஒலிகளை f1-f2 ஒலியியக்கக் குறிப்பு அடிப்படையில் அறிந்து கொள்கிறோம்.

நெட்டுயிரொலிகளுக்கு குற்றுயிரொலிகளைவிடக் கூடுதல் கால அளவு இருக்கிறது என்பது ஒலியியக்கக் குறிப்புகளால் வெளிப்படும் உண்மை. ஈருயிர்கள் நீண்ட உயிர்களின் வகுப்பில் அடங்கும். இறுதியாக திறந்த உயிரொலிகளை மூடிய உயிரொலிகளிடமிருந்து வேறுபடுத்த உதவும் கடுமை ஒலியியக்கக் குறிப்பும் இருக்கிறது. வேறுபடுத்தலின் மொத்த நீட்சி எல்லை 7dB ஆகும். ஆனால் இந்த ஒலியியக்கக் குறிப்பு உயிரொலிகளை அறிந்து கொள்வதில் பங்கு கொள்கின்றது. இந்த இடங்களில் குரல் ஒலி மற்றும் குரலிலா ஒலி இவற்றின் வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்பு குரல் ஒலியில், தொண்டை அதிர்வால் ஆக்கிரமிக்கப்பட்ட எல்லையில் தாழ்ந்த நிகழ்வெண்ணின் உள்ளமையும் தொண்டை அதிர்வுடன் தொடர்பு கொண்ட காலநீட்சிமாறாமையின் தொடர்ச்சியும் ஆகும். குரலிலா ஒலிக்கு ஒலியியக்கக் குறிப்பு மேற்சொன்னவை இல்லாதிருப்பதாகும்.

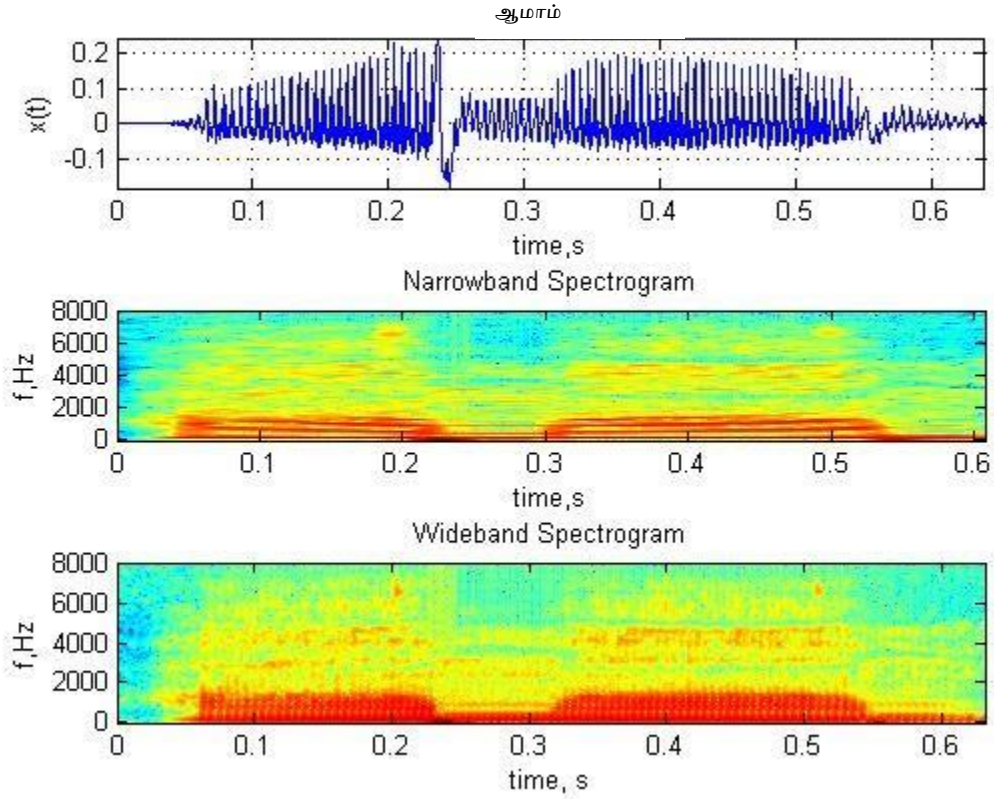
3.4.2.1.1. அ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

அக்கா



3.4.2.1.2. ஆ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

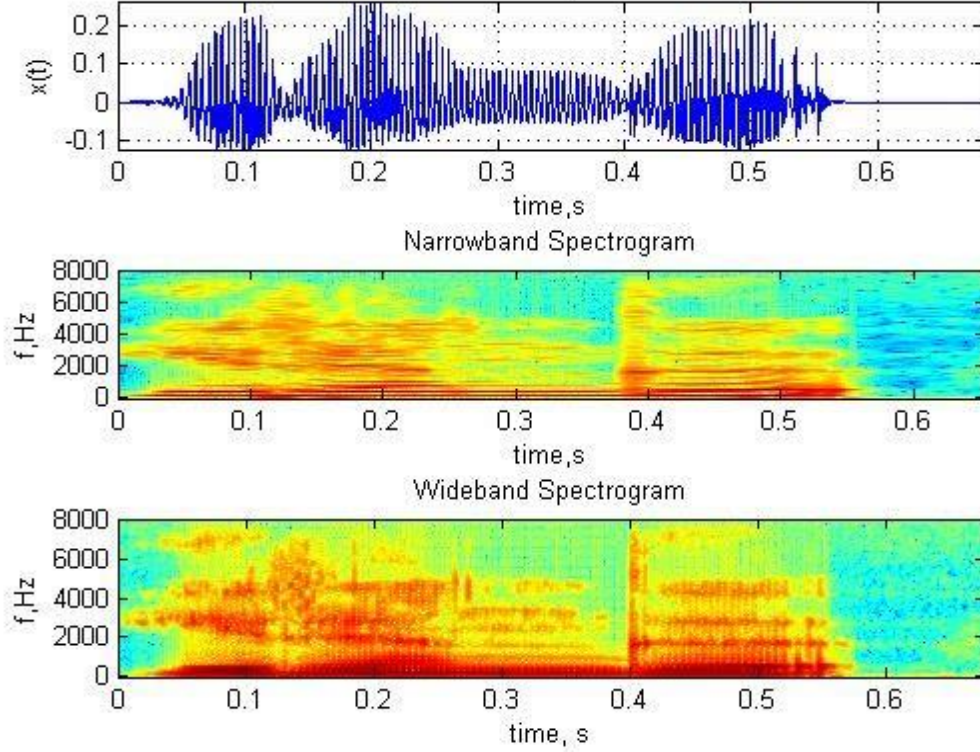
ஆமாம்



3.4.2.1.3. இ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகளை வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

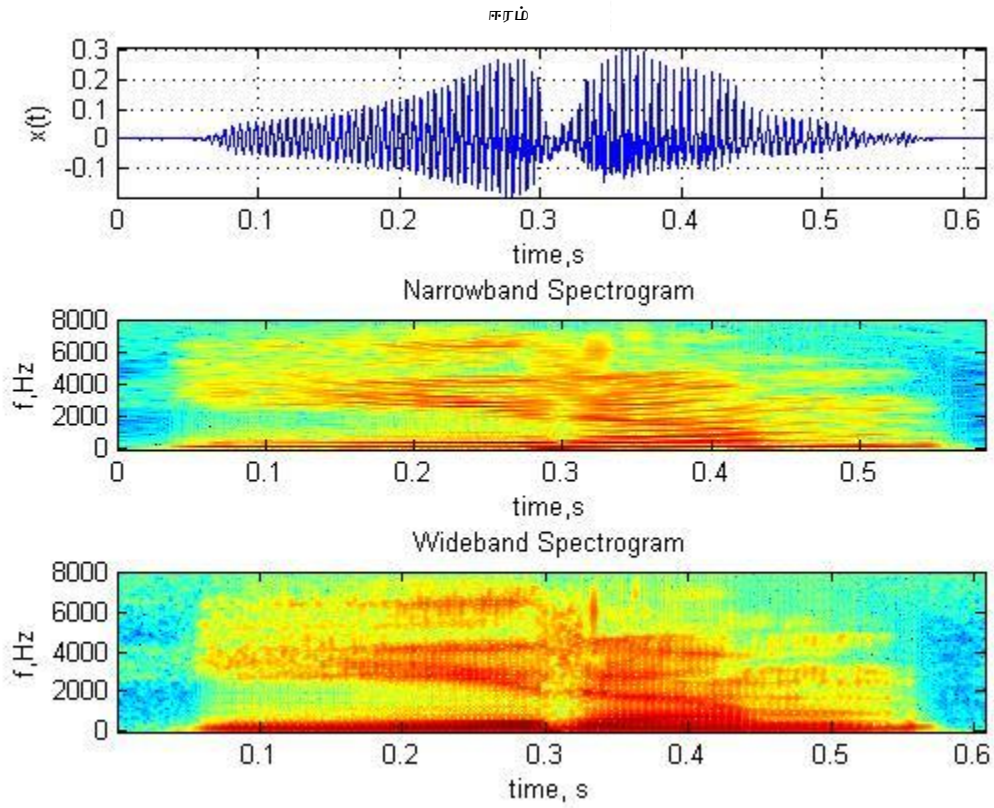
இரங்கு

இரங்கு



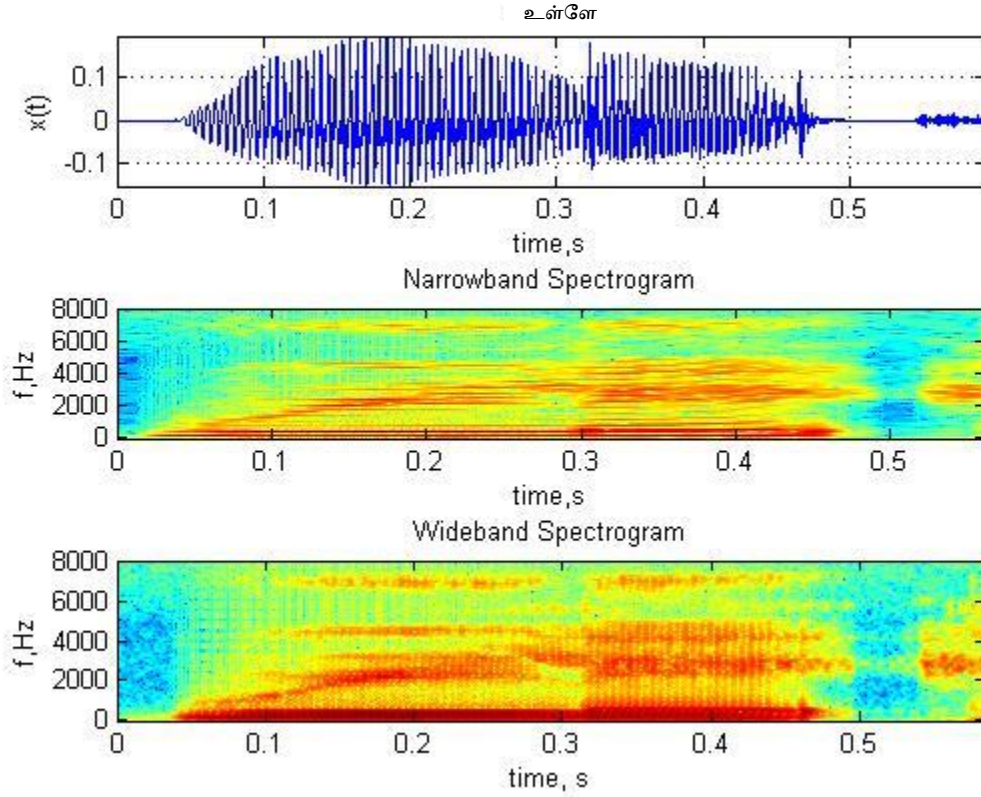
3.4.2.1.4. ஈ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

ஈரம்



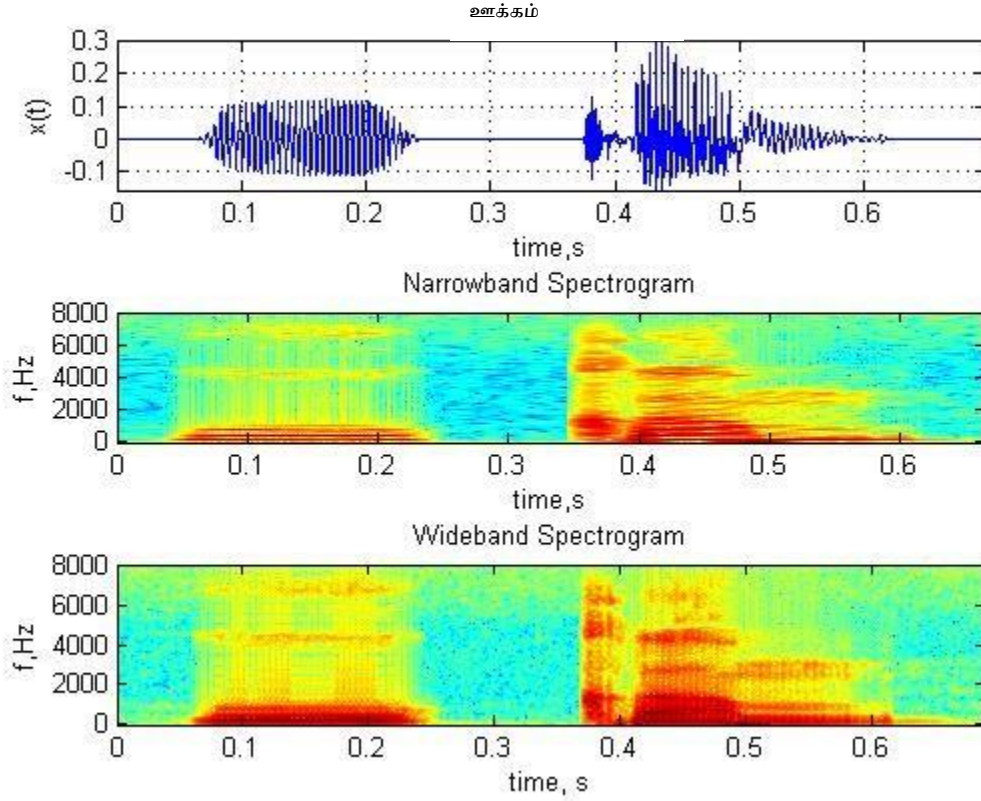
3.4.2.1.5. உ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

உள்ளே



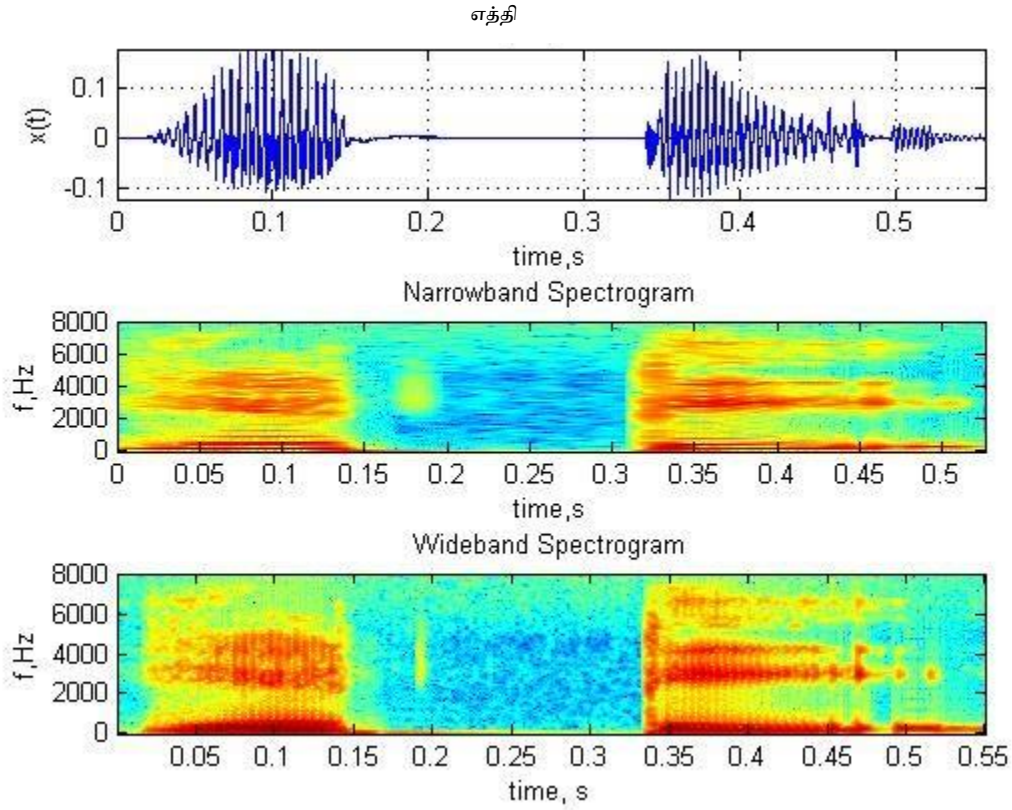
3.4.2.1.6. ஊ-வின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

ஊக்கம்



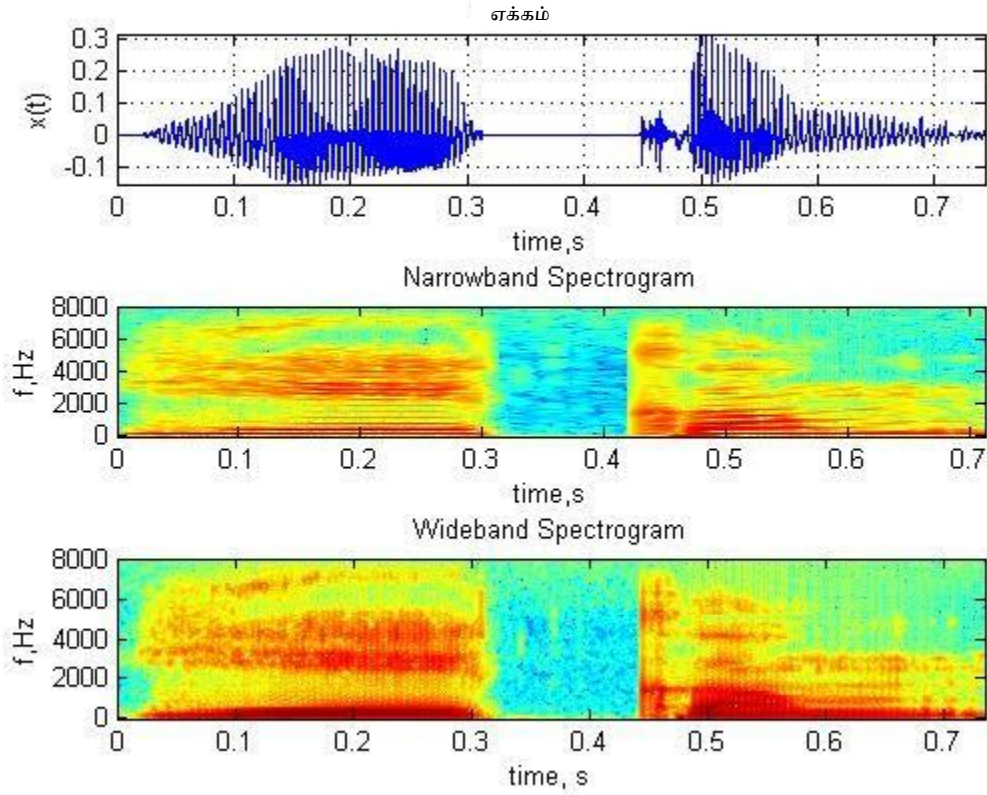
3.4.2.1.7. எ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

எத்தி



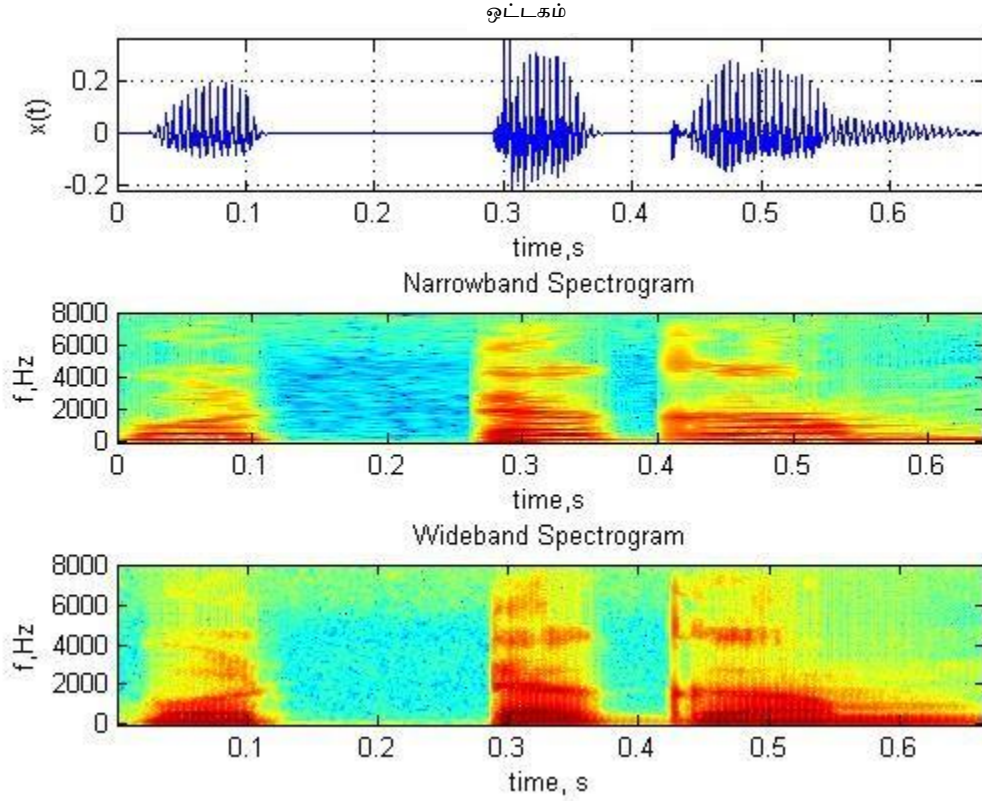
3.4.2.1.8. ஏ-யின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

ஏக்கம்



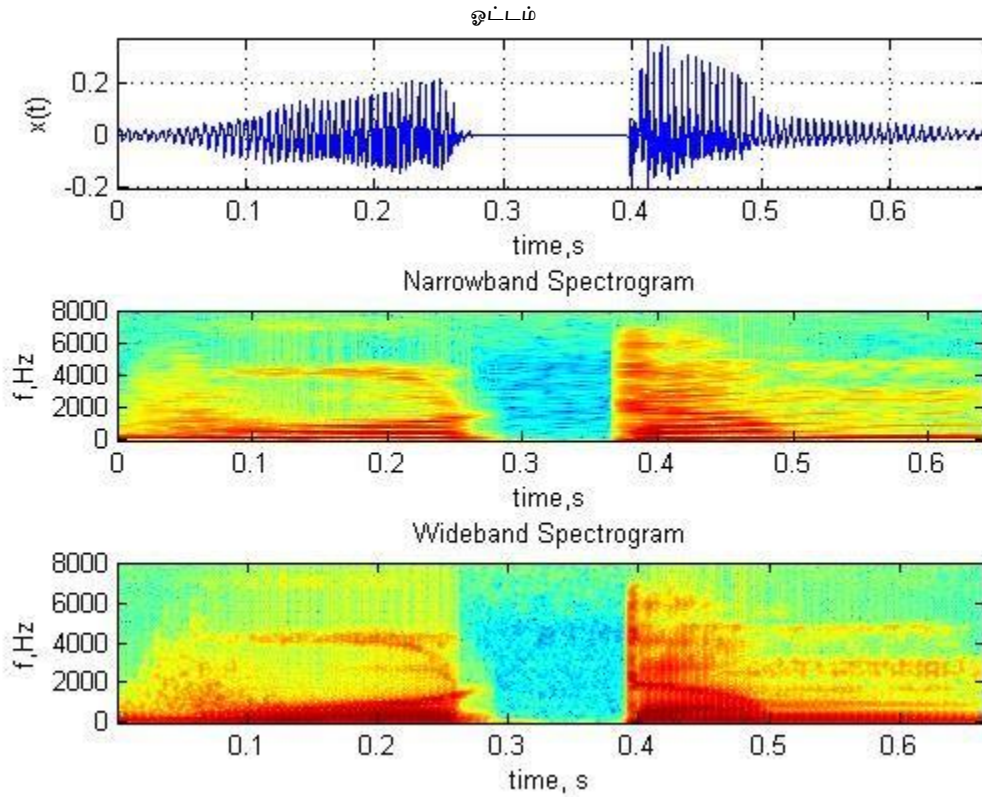
3.4.2.1.9. ஒவின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

ஒட்டகம்



3.4.2.1.10. ஓவின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலைவரைவு

ஓட்டம்



3.4.2.2. மெய்யொலிகளின் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள்

தமிழில் உள்ள மெய்யொலிகளை ஒலிப்பியல் அடிப்படையில் அவற்றில் ஒலிப்பிடத்தையும் ஒலிப்புமுறையையும் கருத்தில் கொண்டு பகுத்தாயலாம் என்று முன்னர் பார்த்தோம். ஒலிப்பிடம் அடிப்படையில் ப்,ம் என்பவைகளை இதழ் ஒலிகளாகவும், த், ந் என்பவைகளை பல்லொலிகளாகவும், ற், ர், ன் என்பவைகளை அண்பல்லொலிகளாகவும், ச், ஞ், ய் என்பவைகளை இடையண்ண ஒலிகளாகவும், க், ங் என்பவைகளை கடையண்ண ஒலிகளாகவும், ட், ண், ள், ழ் என்பவைகளை நாமடி ஒலிகளாகவும் பகுத்தாயலாம் எனவும் ஒலிப்பு முறை அடிப்படையில் க், ச், ட், த், ப் என்பவைகளை வெடிப்பொலிகளாகவும் ங், ஞ், ண், ந், ம், ன் என்பவைகளை மூக்கொலிகளாகவும் ல், ள், ழ் என்பவைகளை மருங்கொலிகளாகவும் ற் என்பதை ஆடொலியாகவும் பகுத்தாயலாம் என்று முன்னர் பார்த்தோம்.

க், ச், ட், த், ப் வெடிப்பொலிகள் சுற்றி இருக்கிற உயிரொலிகளின் ஒலிச்செறிவுகளின் இருப்பிடத்தை மாற்றும். ப் போன்ற ஈரிதழ் ஒலிகள் ஒலிச்செறிவுகளின் இருப்பிடத்தை தாழ்த்தும்; க் போன்ற கடையண்ண ஒலிகள் F1, F2 பெரும்பாலும் எப்பொழுதும் சேர்ந்துவருவதை அனுமதிக்கும். ற், ர், ன் போன்ற அண்பல்லொலிகள் எந்த உயிரொலி இருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்து அடுத்துவரும் உயிரொலிகளின் ஒலிச்செறிவுகளில் குறைந்த அளவு சீரான மாற்றங்களை ஏற்படுத்தும். உயிரொலி ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களில் இந்த மாற்றங்களின் கால ஓட்டம் 'ஒலிச்செறிவு மாற்றங்கள்' (formant transitions) என்று அழைக்கப்படும்.

வேவ்வேறு இடங்களில் காற்றொழுக்கு அடைக்கப்பட்டு விடுவிக்கப்படுவதால் வெடிப்பொலிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. குரல்வளை மடல்கள் அதிர்வுறுவதால் அவைகள் குரலொலிகளாக வெளிப்படுகின்றன. பேச்சுக்குழாயானது வேவ்வேறு இடங்களில் அடைக்கப்படுவதன் காரணமாக அவற்றின் ஒலியூக்களில் மாற்றங்கள் விளைவிக்கப்படுகின்றன. இது அவற்றின் அதிர்வெண் அமைப்பு வடிவிலும் நிறமாலை நிழற்படங்களிலும் மாற்றங்களை வெளிப்படுத்துகின்றன. வெடிப்பொலிகள் சுற்றியிருக்கும் உயிர்களின் ஒலிச்செறிவுகளின் (F1, F2, F3) இருப்பிடத்தில் மாற்றங்களை விளைவிக்கின்றது. ஈரிதழ் ஒலிகள் (ப்) ஒலிச்செறிவுகள் தாழ்வதை விளைவிக்கின்றது. கடையண்ண ஒலிகள் (க்) F2-உம் F3-உம் பெரும்பாலும் எப்பொழுதும் சேர்ந்துவருவதை விளைவிக்கின்றது. அண்பல் ஒலிகள் உயிரொலி ஒலிச்செறிவில்

அடுத்துவரும் உயிரொலிகளின் ஒலிச்செறிவுகளில் குறைந்த அளவிலேயே சீரான மாற்றங்களை ஏற்படுத்தும்; இது எந்த உயிர்கள் வருகின்றன என்பதைப் பொறுத்து அமையும்.

வெடிப்பொலிகளின் ஒலிப்பின் போது காற்றொழுக்கானது தடைபடுவதால் அதாவது பேச்சுக்குழல் சில கணங்கள் மூடப்படுவதால் அது மெளனத்தை உருவாக்கும். இது நிறமாலை நிழற்படத்தில் காலியிடமாகத்தெரியும். ஏனென்றால் இங்கு பதிவு செய்வதற்கு ஒலி சக்தி இல்லை. அடைப்பு விடுவிக்கப் படும்போது ஓசையின் குறுகிய வெடிப்பு வருவதால் அது கால அச்சில் மிகக் குறுகிய ஒழுங்கற்ற சுவட்டை உருவாக்கும். வெடிப்பொலிகளின் ஒலிப்பிடம் அடிப்படையில் மெளனம் அல்லது அடைப்பின் கால அளவு வேறுபடும். இது நிறமாலை நிழற்படத்தில் பதிவு செய்யப்படும். சில வெடிப்பொலிகளின் கால அளவு மிகக் குறுகி இருக்கும். த் உடன் தொடர்புடைய கால அளவு கிட்டத்தட்ட 20 மில்லி செகண்ட் ஆகும்; க் உடன் தொடர்புடைய கால அளவு கிட்டத்தட்ட 115 மில்லி செகண்ட் ஆகும்.

வாய் பாதை அடைபட்டு கடையண்ணம் கீழிறங்கும் பொது காற்றொழுக்கு மூக்குக் குழாய் வழி திசை திருப்பப்படுகையில் மூக்கொலிகள் விளைவிக்கப்படும். அடைப்பைப் பொறுத்தமட்டில் ங்,ஞ், ண், ந்,ம்,ன் என்ற மூக்கொலிகள் முறையே க், ச், ட், த், ப், ற் என்ற வெடிப்பொலிகளுடன் பொருத்தமுடையன. ஆனால் பேச்சுக்குழாயின் நீளமும் பரிமாண அளவும் காற்று வழியும் வேறுபடுகின்றன. இதன் காரணமாக மூக்கொலிகள் தொடர்புடைய வெடிப்பொலிகளிலிருந்து ஒலியியக்க அடிப்படையில் வேறுபடுவதை உணரலாம்.

ஒலியிக்க இயலில் ஒலியியக்கக் குறிப்புகளை அறியும் ஆய்வு மிகவும் பயன் உள்ளதாகும். பேச்சொலி பற்றிய பல செய்திகளை ஒலியிக்கக் குறிப்புகள் நமக்குத் தெரிவிக்கின்றன. செற்கள் ஒலியன்களின் கோர்வையால் ஆனதாக அறியப்படுகின்றது. பேச்சை ஏற்கும் முதல் செயல்முறை ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலியன் வகைப்பாட்டை உருப்படுத்தும் செய்வதாக உள்வரும் ஒலிகளைக் கண்டுப்பிடிப்பதாகும். ஒரு மொழியின் முழு ஒலியனியல் ஒழுங்குமுறை உறவுகளின் தன்னிறைவான ஒழுங்குமுறையாக நடைபெறுகின்றது. அதாவது ஒரு ஒலியைப் புரிந்து கொள்ளுதல் அதை ஒரு ஒலியன் வகைப்பாட்டை சார்ந்த ஒன்றாகக் கண்டு கொள்வது மட்டுமல்ல, அது பிற ஒலியன் வகைப்பாட்டைச் சார்ந்ததல்ல என்பதைத் தீர்மானிப்பது ஆகும். ஒரு ஒலி ஒரு குறிப்பிட்ட வகைப்பாட்டைச் சார்ந்தது என்பது அவைகளுக்கிடையில் பல பொதுவான

ஒலியியக்கக் குறிப்புகளை வெளிப்படுத்தும். மட்டுமன்றி ஒரு வகைப்பாட்டைச் சார்ந்த ஒலிகள் தம்மில் எவ்வாறு வேற்படுகின்றன என்பதையும் ஒலியியக்கக் குறிப்புகள் வெளிப்படுத்தும்.

பேச்சின் அமைப்பொழுங்கைக் காட்சியாக மாற்றுவதால் அதன் மூலம் ஒலிகளை அறிந்து கொள்வதற்கான முக்கியப் பண்புக்கூறுகளைக் கண்டுகொள்ள இயலும் என்று நம்பப்படுகின்றது. ஒலிவர்ணனைப்பட ஆய்வு குறிப்பிட்ட ஒலியில் இருக்கிற சில பண்புக்கூறுகளைக் கூறுகின்றது. மேலும் அந்த பண்புக்கூறு ஒரே விதமான ஒலிகளில் மீண்டும் மீண்டும் வருவதையும் கூறுகின்றது. இருப்பினும் இந்த பண்புக்கூறைத்தான் கேட்பவர்கள் உண்மையிலேயே ஒலியியக்கக் குறிப்பாகப் பயன்படுத்துகின்றனர் என்பதைத் தீர்மானமாக ஒலிவர்ணனைக் கூறவில்லை.

பெரும்பாலும் ஒலியியக்க வர்ணனைப்படங்களை ஆய்ந்து நாம் வேறுப்படுத்துகிற ஒலியியக்கக் குறிப்புகளைக் கண்டுபிடிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வெடிப்பு மெய்யொலி (plosive consonant) அதன் அடைப்பு நிலையிலிருந்து விடுவிக்கப்படும் போது அதனால் விளைகிற இரைச்சலின் வெடிப்புக்கு நிகழ்வெண் அளவையில் ஏதாவது ஒரு இடத்தில் சக்தியின் முக்கிய உச்சம் இருக்கும். இந்த உச்சத்தின் இடம் ஒலியின் ஒலிப்பிடம் அடிப்படையில் மிகச்சீராக மாறுபடும். அதாவது ஈரிதழ் அல்லது அண்பல் ஒலி அல்லது கடையண்ண ஒலி என்பதன் அடிப்படையில் மாறுபடும். ஒரு பேச்சு உருவாக்கியின் உதவியால் நாம் அசைகளின் முழு வரிசைகளையும் நிறுவ இயலும்; இதில் தொடக்க இரைச்சல் வெடிப்பு குறைந்த அதிர்வெணிலிருந்து வேறுபட செய்யலாம். நம்முடைய ஆய்வுத்தரவு உருவாக்கப்பட்ட ஒலிகளின் மாறுபாடுகளின் எல்லை /b/, /d/, /g/ என்ற மூன்று வகுப்புகளையும் உட்படுத்துவதாக எதிர்பார்க்கலாம் என்று கூறுகின்றது.

தமிழில் ஒலியினியல் அடிப்படையில் அல்லது எழுத்தியல் அடிப்படையில் வெடிப்பொலிகளுக்கு/அடைப்பொலிகளுக்கு இடையில் வேறுபாடுகள் இல்லை என்றாலும், ஒலியியல் நிலையில் வேறுபடுகின்ற ஒலிகள் எழுத்துக்களின் அல்லது ஒலியன்களின் மாற்றொலிகளாக வருகின்றன. அவை வரும் இடங்கள் முரண்படாமல் துணைநிலை வருகைமுறையில் வரும். இவ்வாறு க், ச், ட், த், ப், ற் என்ற எழுத்துக்களுக்கு அல்லது ஒலியன்களுக்கு குரலொலி-குரலிலா ஒலி என்பதன் அடிப்படையில் இரண்டிரண்டு மாற்றொலிகள் உள்ளன. ஒலிப்பு முறை மற்றும் ஒலிப்பு இடம் என்பன வேறுபாட்டாலும் குரலொலி குரலிலா ஒலி வேறுபாட்டிற்கான ஒலியியக்கக் குறிப்பு எல்லா இணைகளுக்கும் பொதுவானதாகும். குரலொலி மற்றும் குரலிலா ஒலி என்பன ஒலியின் ஒலிப்பின் போது குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வையோ அதிர்வு இல்லாமையோ குறித்து நிற்கும். சில சூழல்களில்

இந்த முரண்பாடு தக்க வைக்கப்படுகின்றது. பல தமிழ் பேசுபவர்களுக்கு மெய்யொலிகள் உயிரிடையில் வரும்போதும் மூக்கொலிகளுக்கு முன்னர் வரும் போது தான் இது சாத்தியமானது. ற் என்ற எழுத்து உயிரொலிகளுக்கிடையில் அதிரொலியாக வரும்.

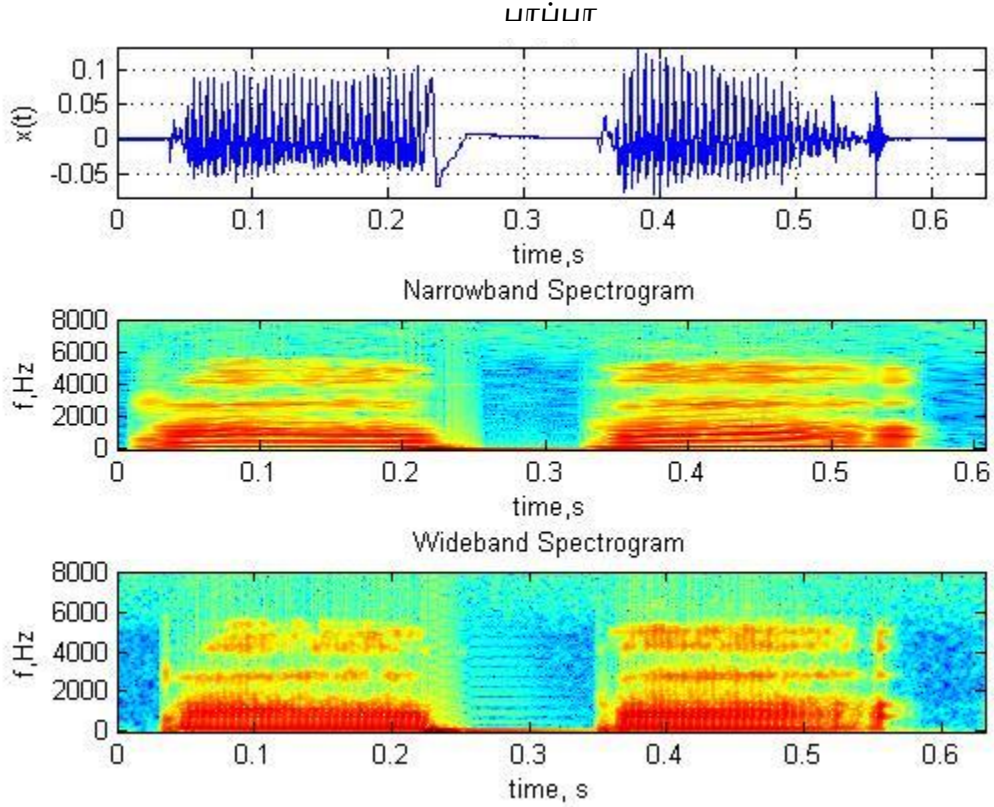
வெடிப்பொலிகள் அவைகளைத் தொடர்ந்து உயிர்வருகிறதா மெய்வருகிறதா என்பதன் அடிப்படையிலும் வேறுபடும். ஒலிப்பின் போது ஒரு கணத்தில் வெடிப்பொலியின் விடுதலையை அடையாளப்படுத்தும் போது ஓசையின் வெடிப்பு (burst of noise) ஏற்படும் அதே கணத்தில் குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வுகள் கால நீட்சி மாறாத ஒலிகளுக்காக தொடங்கும். குரல் குரலிலா ஒலிகளின் வேறுபாட்டிற்கான மற்றொரு ஒலியியக்கக் குறிப்பு பின்வருமாறு அமையும். மெய்யொலியின் உருவாக்கலின் மீதான எந்த இரைச்சலும் (noise) குரல் ஒலியைவிட குரலிலா ஒலியில் கூடுதல் கருமையைக் கொண்டிருக்கும். எவ்வளவு குறைவாக சக்தி பயன்படுத்தப்படுகின்றதோ அதைப்பொறுத்து ஓசை உற்பத்தியில் செலவழிக்கப்படும். இதன் காரணமாக குரலிலா ஒலியில் ஓசை உயர்ந்த கருமையில் இருப்பதுடன் நீண்ட நேரம் நிகழும்.

மூக்கொலிகள், மருங்கொலிகள் மற்றும் அரையுயிர்கள் முந்தைய வகுப்புகளிலிருந்து இரைச்சலின் (noise) இல்லாமையாலும் தொடர்ந்த சுரத்தின் உள்ளமையாலும் வேறுபடுத்தப்படும். மூக்கொலிகள் யாவும் தாழ்ந்த நிகழ்வெண் ஒலியூகத்தாலும் இந்த நிகழ்வெண் பட்டைக்கும் 2000 hz இடத்தில் தொடங்கும் பட்டைக்கும் இடையில் சக்தியின் இல்லாமையாலும் ஒலியியக்கக் குறிப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். மருங்கொலிகளும் அரையுயிர்களும் உயிரொலி போன்ற ஒலிச்செறிவுகளால் அடையாளப்படுத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த ஒலிச்செறிவுகள் ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்ணில் ஒத்தறி அடிப்படையில் மெதுவான வேறுபாடுகளைக் கொண்டிருக்கும். இருப்பினும் கடப்புகள்/நிலைமாற்றங்கள் (transitions) அரையுயிர்களைவிட மருங்கொலிகளில் கூடுதல் வேகமாக இருக்கும்.

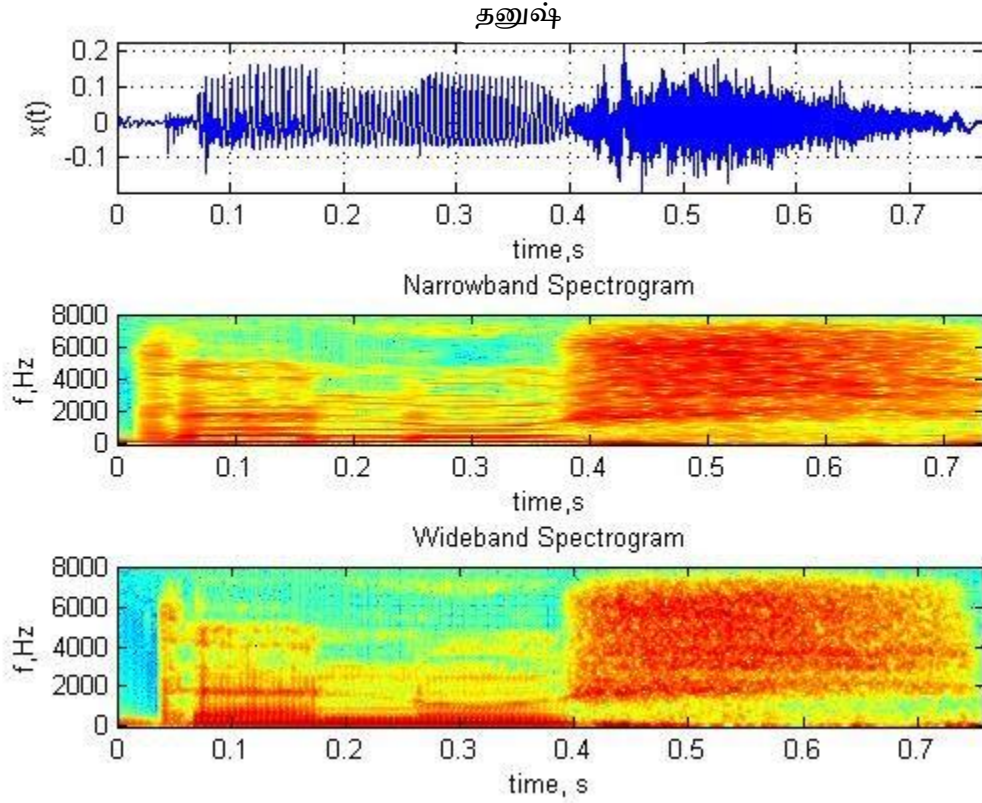
ஒலியிக்கக் குறிப்புகள் ஒலிகள் ஒலிக்கும் இடம் அடிப்படையிலும் வேறுபடும். இதழ் ஒலிகள் (ப், ம்), பல்லொலிகள் (த், ந்), அண்பல்லொலிகள் (ற், ர், ன்) இடையண்ண ஒலிகள் (ச், ஞ், ய்), கடையண்ண ஒலிகள் (க், ங்) நாமடி ஒலிகள் (ட், ண், ள், ழ்) என்பன ஒலிக்கும் இடம் அடிப்படையில் வேறுபடும். இவ்வேறுபாடுகளை உணர்த்தும் ஒலியியக்கக் குறிப்புகளையும் நாம் கண்டுபிடிக்க இயலும்.

ஒலிப்பதில் அல்லது கேட்டுணர்வதில் சிக்கலை விளைவிக்கும் ல், ள், ழ் என்ற ஒலிகள் ஒலிப்பிடம் அடிப்படையிலும் ஒலிப்பு முறை அடிப்படையிலும் வேறுபடுவதை நாம் அறிவோம். இவற்றை வேறுபடுத்தும் ஒலியியக்கக் குறிப்புகளை நம்மால் நிறமாலை நிழற்படங்களிலிருந்து கண்டறியலாம். இது போல் ன், ண் என்பனவும் வேறுபடுவதை நிறமாலை நிழல் படங்களிலிருந்து கண்டறியலாம். அதிர்வொலியான ற்-ஐயும் வருடொலியான ற்-ஐயும் வேறுபடுத்தும் ஒலியியக்கக் குறிப்புகளையும் நாம் நிறமாலை நிழற்படங்கள் மூலம் அறிந்து கொள்ளலாம்.

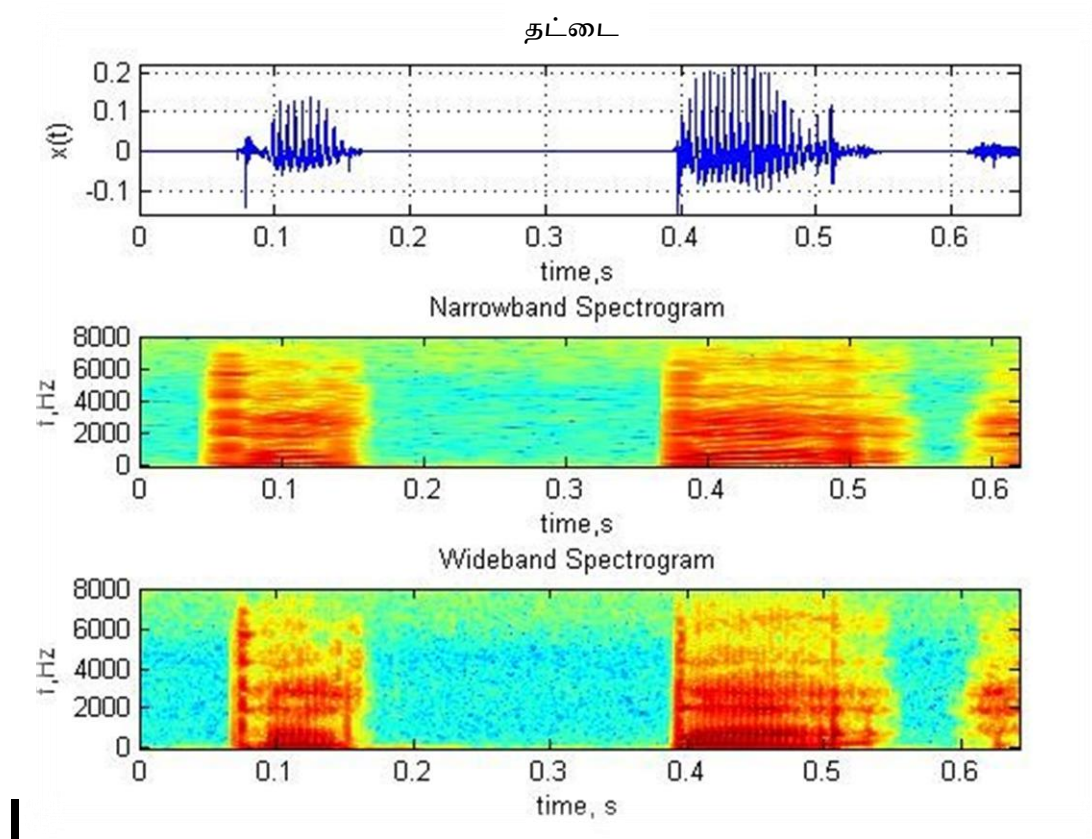
3.4.2.2.1. ப்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு



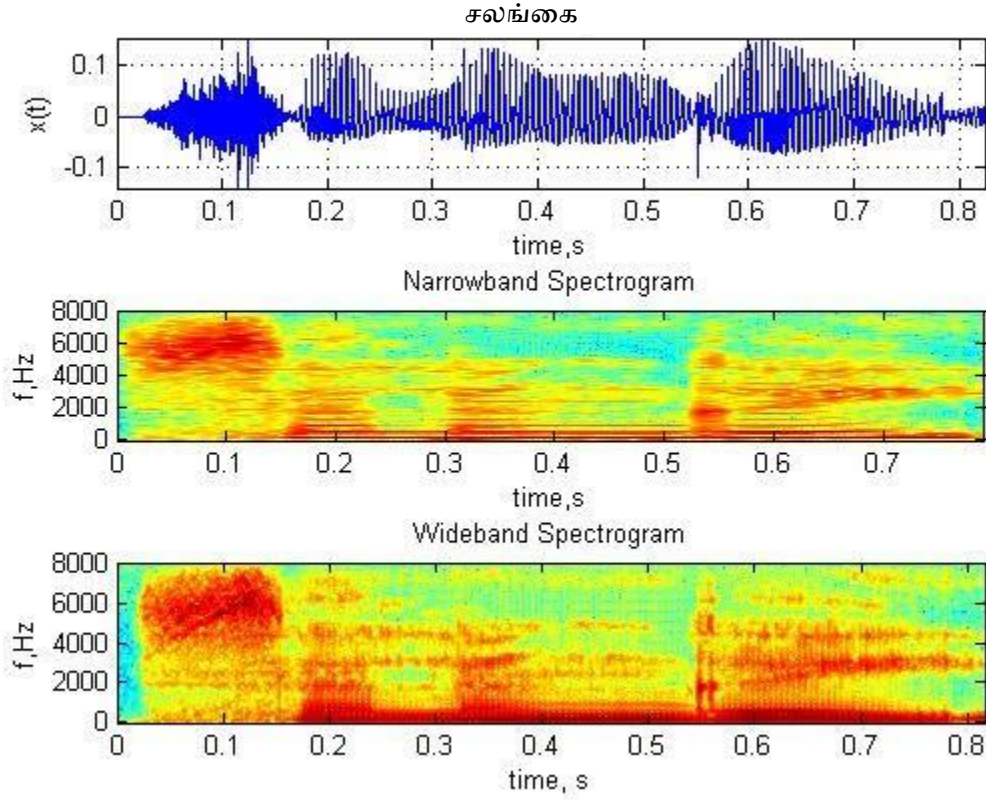
3.4.2.2.2. த்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு



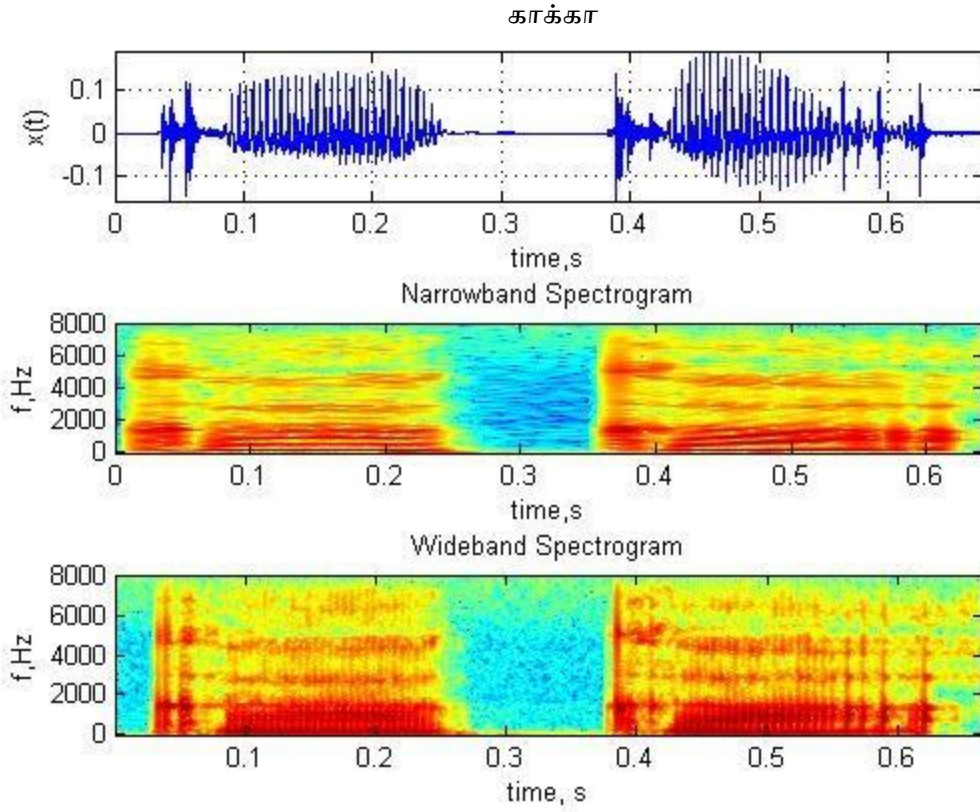
3.4.2.2.3. ட்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு



3.4.2.2.4. ச்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

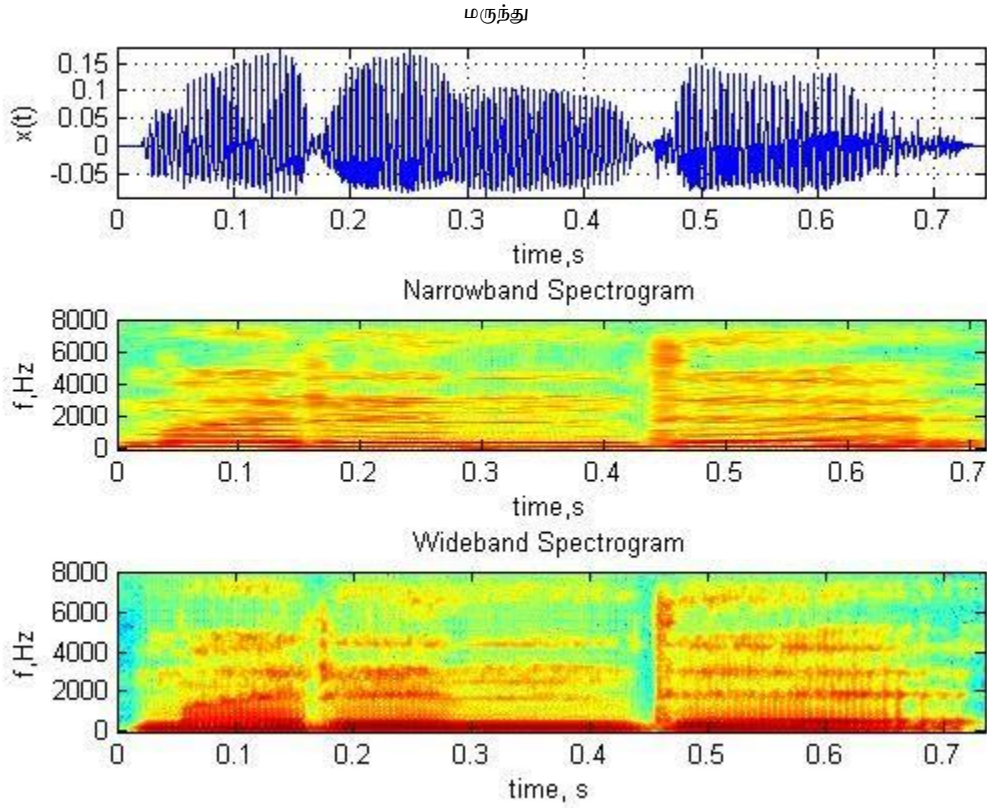


3.4.2.2.5. க்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு



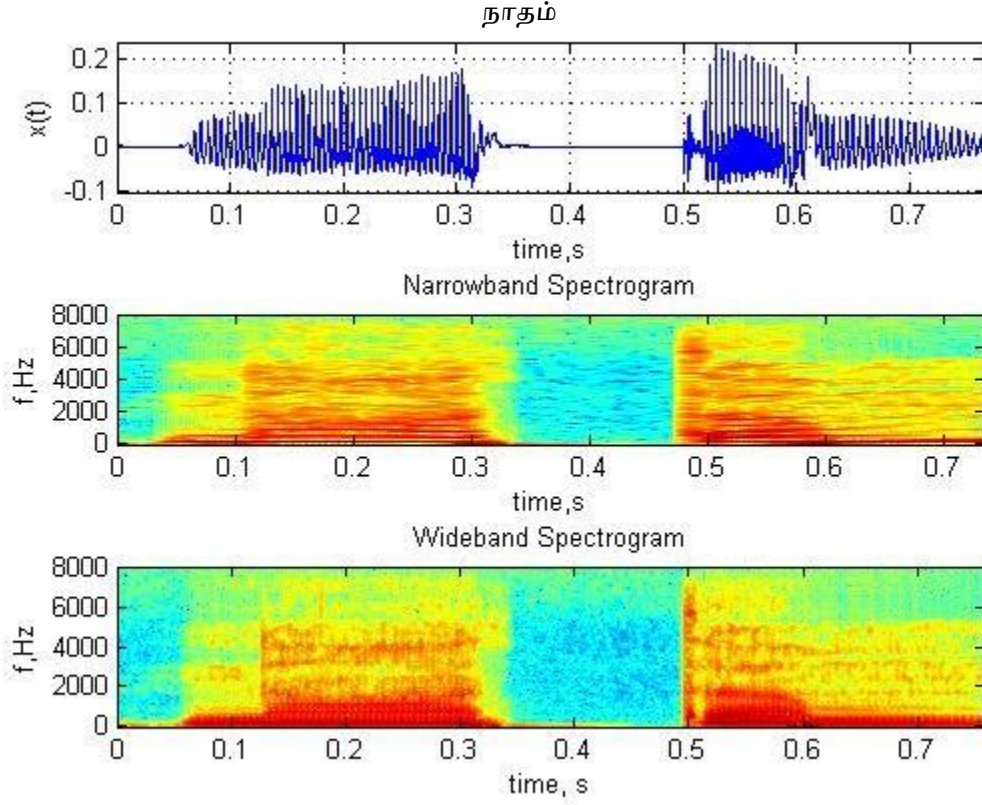
3.4.2.2.6. ம்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

மருந்து



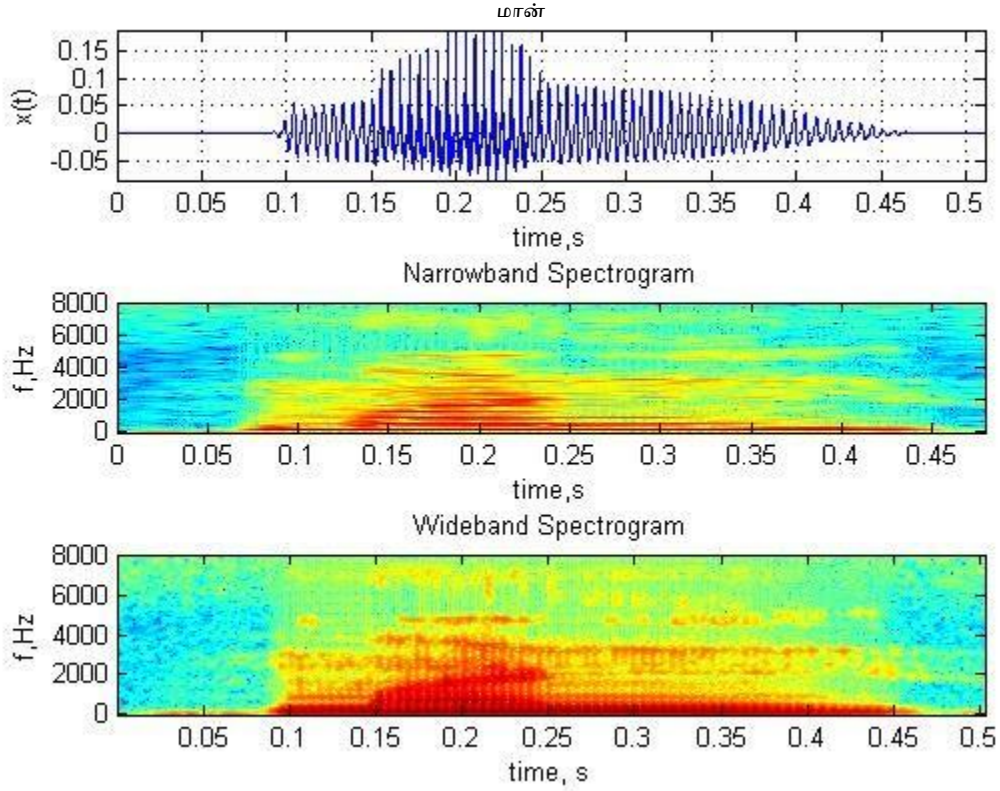
3.4.2.2.7. ந்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

நாதம்



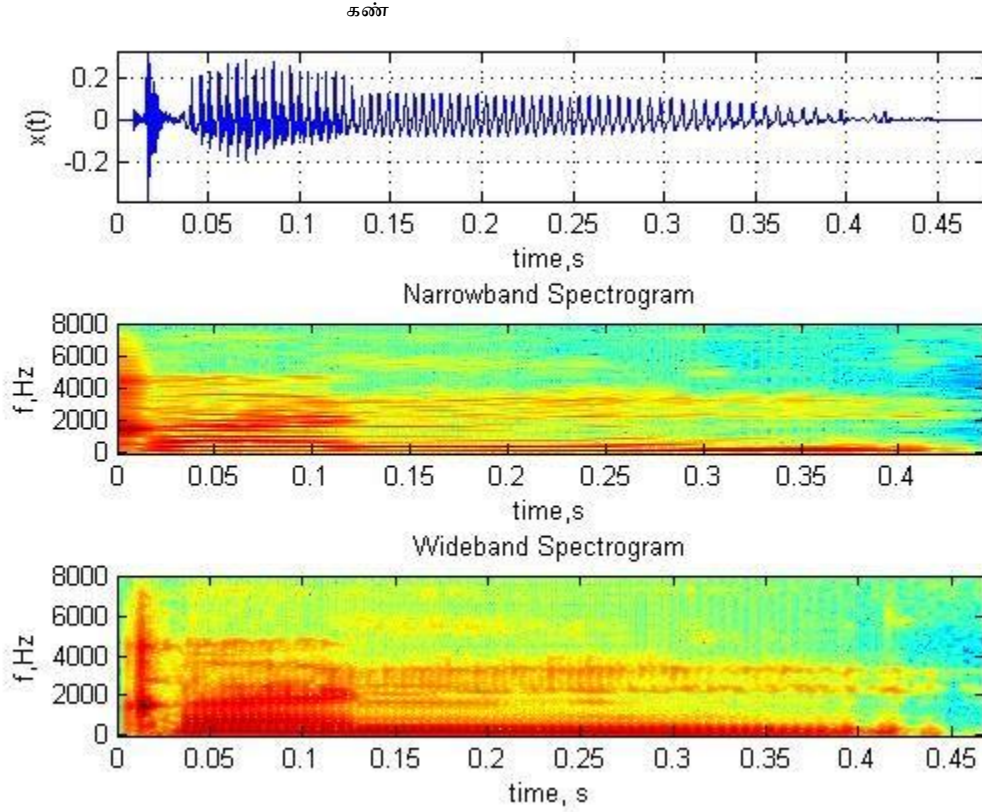
3.4.2.2.8. ன் – ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

மான்



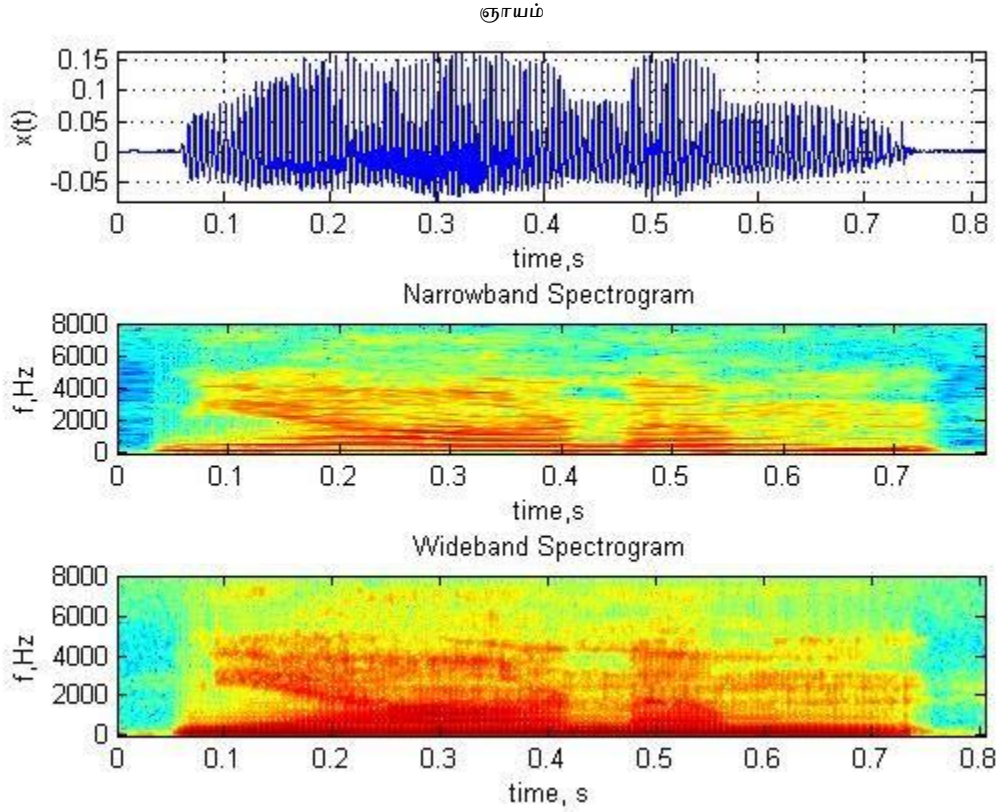
3.4.2.2.9. ண்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

கண்



3.4.2.2.10. ஞ-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

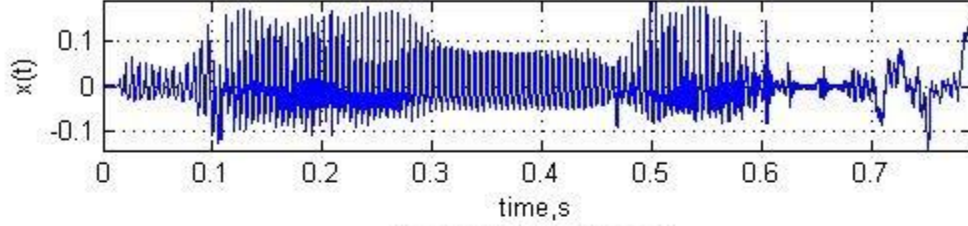
ஞாயம்



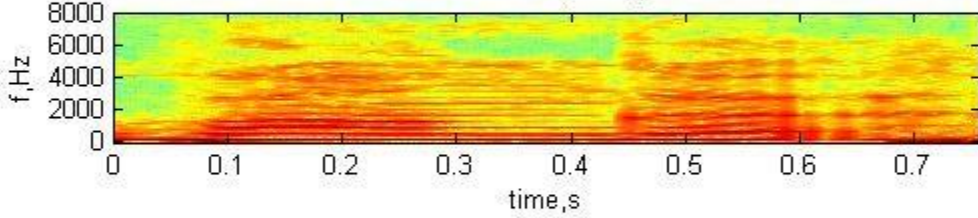
3.4.2.2.11. ங்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

வாங்க

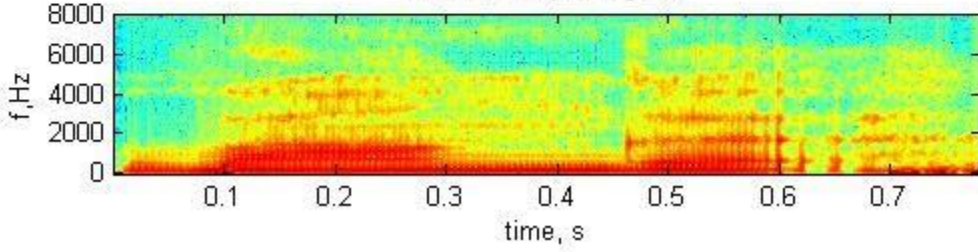
வாங்க



Narrowband Spectrogram

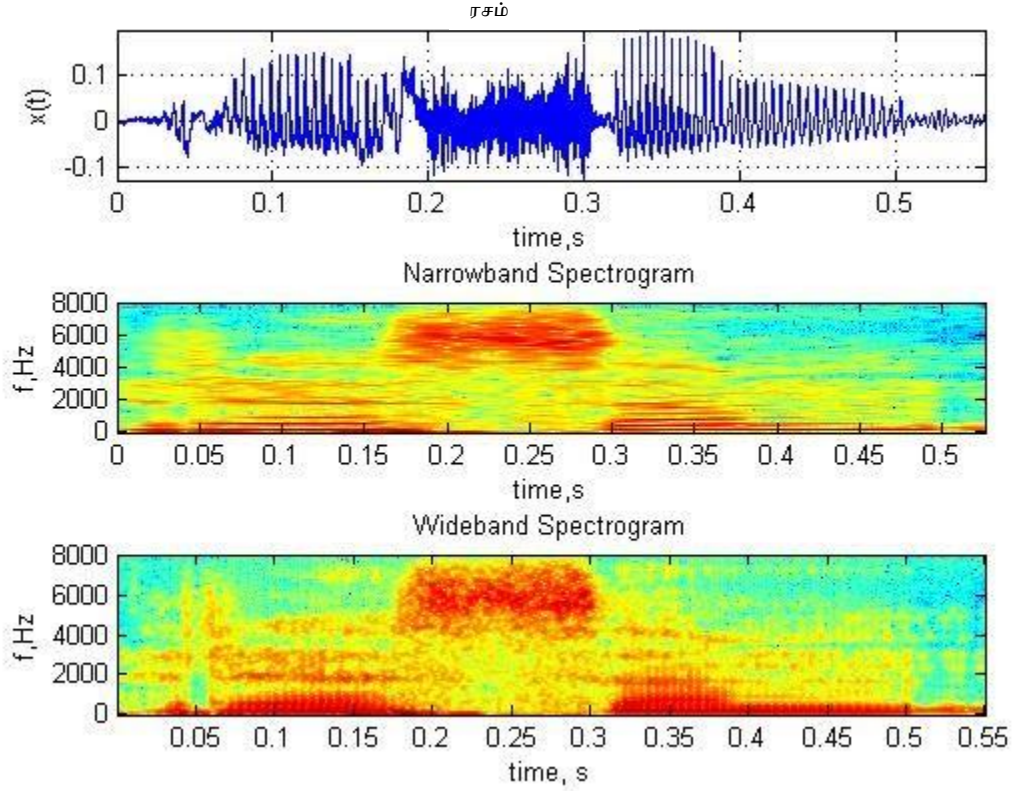


Wideband Spectrogram



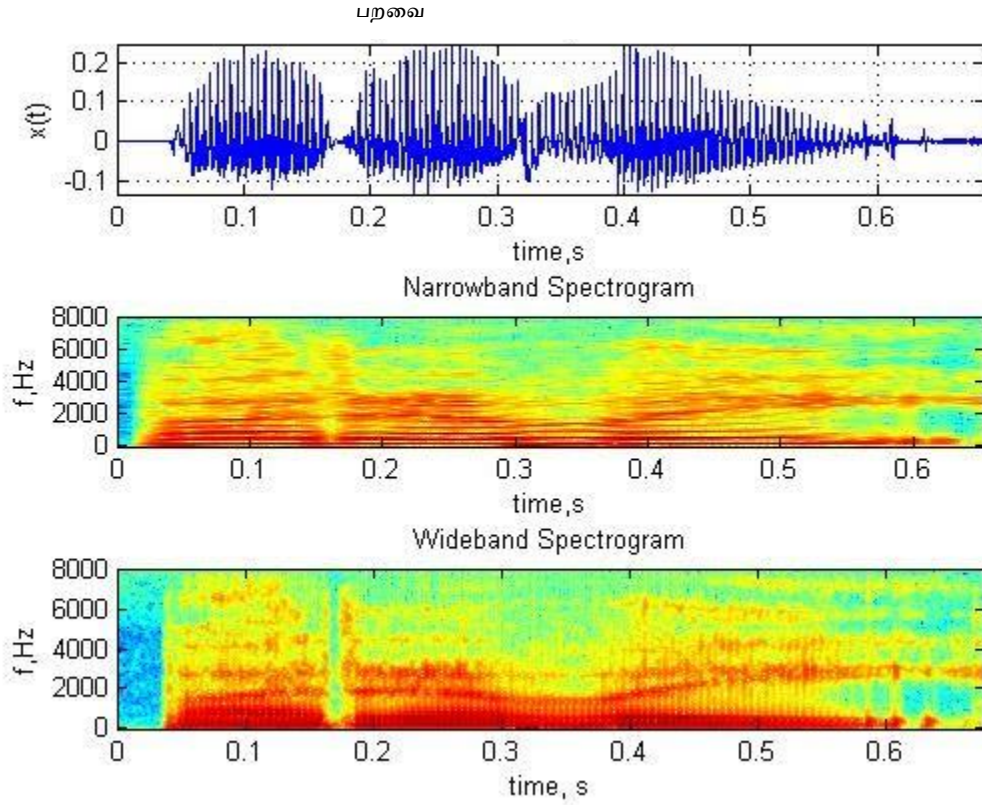
3.4.2.2.12. ற்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

ரசம்



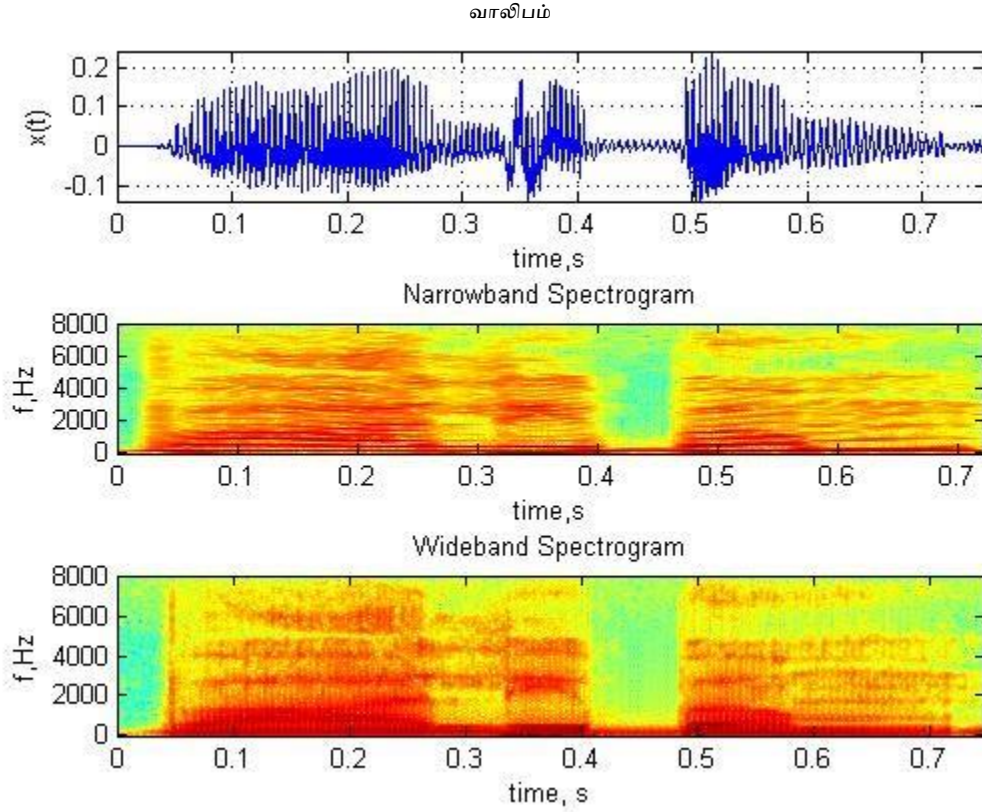
3.4.2.2.13. ற்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

பறவை



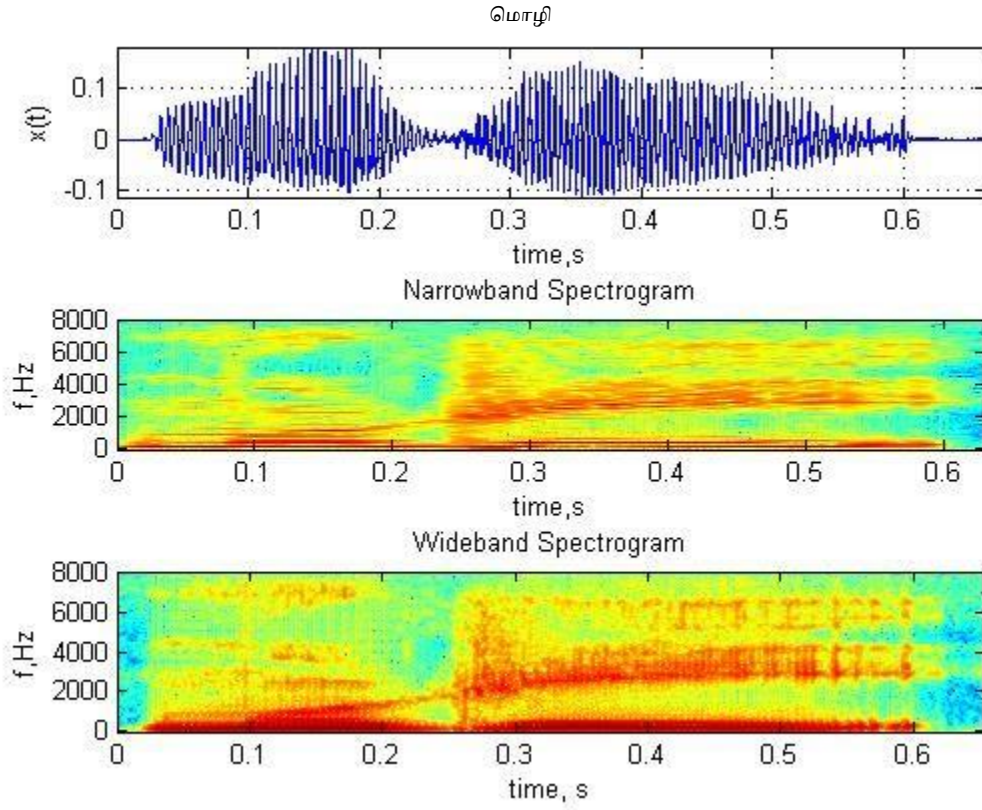
3.4.2.2.14. வ்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

வாலிபம்



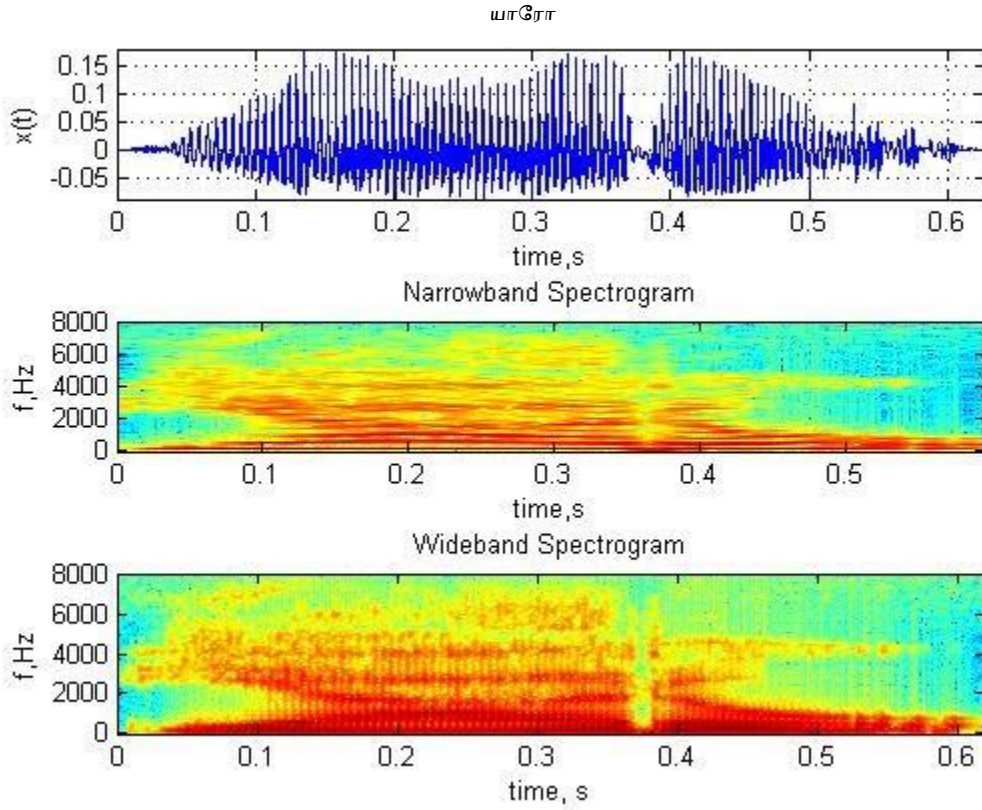
3.4.2.2.15. மு-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

மொழி



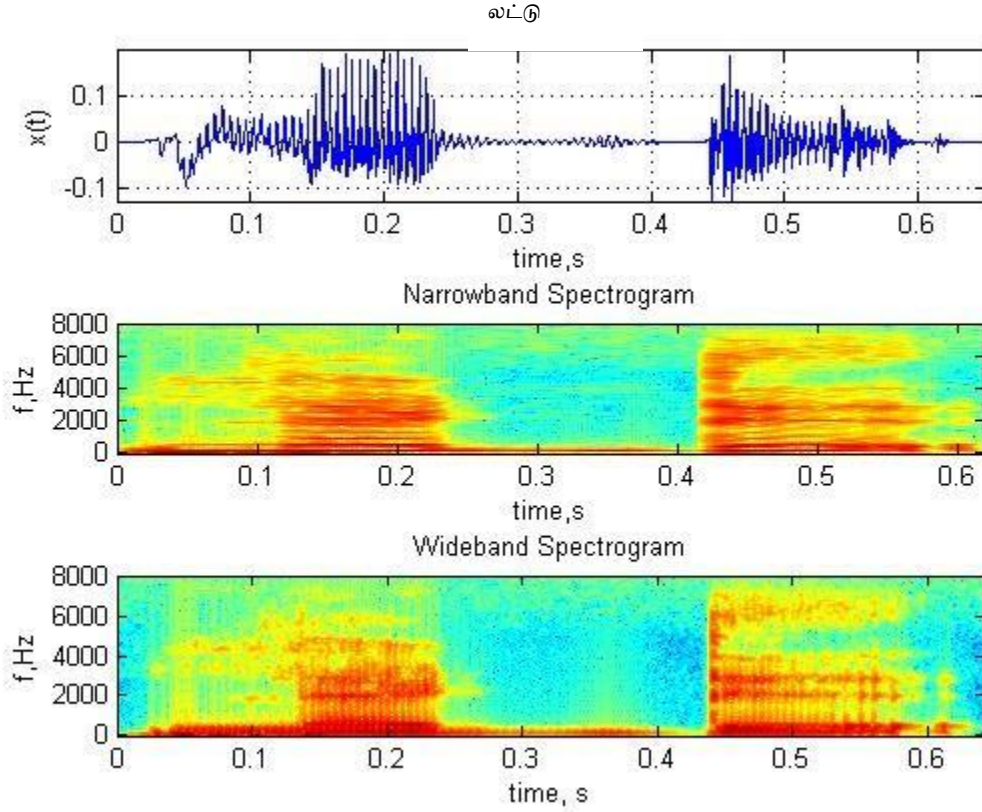
3.4.2.2.16. ய்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

யாரோ



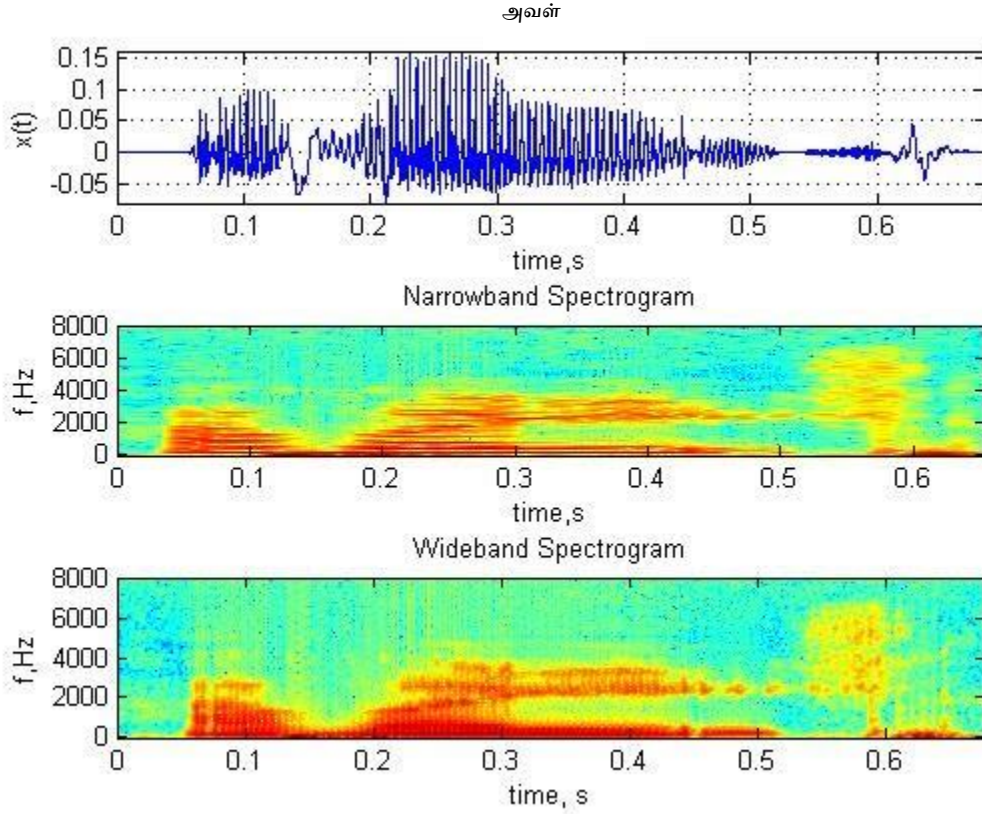
3.4.2.2.17. ல்-இன் ஒலியியக்கப் பண்புகூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

லட்டு



3.4.2.2.18. ஂ-இன் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகள் வெளிப்படுத்தும் நிறமலைவரைவு

அவள்



3.5. சுருக்கவுரை

தமிழ் ஒலியியக்கவியல் குறித்து பல ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வெளிவந்துள்ளன என்பதை இறுதியில் தரப்பட்டுள்ள நோக்கீட்டு நூல்களின் பட்டியலிலிருந்து அறியலாம். இவ்வியலில் தமிழ் ஒலிகள் ஒலிப்பியல் அடிப்படையில் பகுத்தாயப்பட்டு விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளன. தமிழ் உயிரொலிகள் மற்றும் மெய்யொலிகளின் ஒலிப்பியல் அடிப்படையிலான விளக்கங்கள் தரப்பட்டுள்ளன. மேலும் தமிழ் ஒலிகள் ஒலியியக்கவியல் அடிப்படையில் ஆயப்பட்டு விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளன. தமிழ் உயிரொலிகளின் ஒலிச்சொறி அமைப்பு பற்றி விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ் மெய்யொலிகளும் ஒலியியக்கவியல் அடிப்படையில் ஆயப்பட்டு விளக்கப்பட்டுள்ளன. தமிழ் உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள் இவற்றின் நிறமாலை நிழற்படங்கள்/

ஒலிவர்ணனைப் படங்கள் தரப்பட்டுள்ளன. நிறமாலை நிழற்படங்களை/ஒலிவர்ணனைப் படங்களை ஒலிகளின் பல பரிமாணங்கள் அடிப்படையில் தர இயலும் என்றாலும் பக்கங்களின் எண்ணிக்கை கருதி எடுத்துக்காட்டாக ஒரு சில ஒலிவர்ணனைப் படங்களே இங்கு தரப்பட்டுள்ளன.

இயல் 4 உரையிலிருந்து பேச்சாக்கம்

4.1. அறிமுகம்

பேச்சு சொல் பேச்சின் சிறு அலகுகளால் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டது என்ற ஒலி அடிப்படையிலான எழுதும் ஒழுங்குமுறையில் உள்ளுறையும் கருத்து ஒலியனியலின் எல்லாத் தற்காலக் கோட்பாடுகளையும் உள்ளடக்கும் யூஆர்-கோட்பாடு ஆகும். நாம் இங்கு தற்காலப் பேச்சறிதல் மற்றும் பேச்சுருவாக்கத் தொழில்நுட்பத்தையும் கணினி ஒலியனியல் (computational phonology) என்ற தொடர்புள்ள மொழியியலின் கிளைகளையும் அறிந்துகொள்ள அடிப்படை உள்ளறிவையும் வழிமுறை வரைவுகளையும் அறிமுகப்படுத்த வேண்டும்.

தானியங்கு பேச்சறியும் முக்கியமான செயல்பாடு ஒலியியக்க அலைவடிவை உள்ளீடாக ஏற்றுச் சொற்களின் கோர்வையை வெளியீடாக உற்பத்தி செய்யும். எதிரிடையாக உரையிலிருந்து பேச்சுருவாக்கம் என்ற முக்கியச் செயல்பாடு உரைச் சொற்களின் கோர்வையை உள்ளீடாக ஏற்று ஒலியியக்க அலைகளை வெளியீடாகப் பெறுவதாகும். பேச்சைப் புரிந்து கொள்ளுதல் மற்றும் உருவாக்குதல் இவற்றின் பயன்பாடு பல்வகைப்பட்டதாகும்: தானியங்கு கேட்டெழுத்துதல் (automatic dictation), ஒலிபெயர்ப்பு, கணிப்பொறிக்குப் பேச்சு அடிப்படையிலான இடைமுகங்கள் மற்றும் தொலை பேசிகள், பேச்சுக் குறையுள்ளவர்களுக்குக் குரல்சார்ந்த உள்ளீடு மற்றும் வெளியீடு என்பனவாகும்.

இங்கு நாம் பேச்சறிவான் (speech recognizer) மற்றும் உரையிலிருந்து பேச்சு (text-to-speech) ஒழுங்குமுறைகள் என்பனவற்றில் கவனம் செலுத்துவோம்: எவ்வாறு சொற்கள் ஒலிகள் (phones) என்ற தனிப்பட்ட பேச்சு அலகின் அடிப்படையில் உச்சரிக்கப்படுகிறது? பேச்சறியும் ஒழுங்குமுறை அது புரிந்துகொள்ள இயலும் ஒவ்வொரு சொல்லுக்கும் உச்சரிப்பை வேண்டும். உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை ஒவ்வொரு சொல்லுக்கும் ஒரு உச்சரிப்பை வேண்டும். நாம் இங்கு உச்சரிப்பை விளக்க ஒலி நெடுங்கணக்குகளை (phonetic alphabets) ஒலியியல் (phonetics) களத்தின் பகுதியாக அறிமுகப்படுத்த வேண்டி வரும். மேலும் நாம் ஒலிப்புமுறை ஒலியியல் (articulatory phonetics) என்பதையும் அறிய வேண்டி வரும். இது எவ்வாறு வாயிலுள்ள ஒலிப்பான்களால் பேச்சொலிகள் உருவாக்கப்படுகிறது என்பதை ஆயும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட ஒலி எப்பொழுதும் ஒவ்வொரு சூழலிலும் ஒரேமாதிரி உச்சரிக்கப்படுகிறது என்றிருக்குமானால் உச்சரிப்பை மாதிரிப்படுத்துவது எளிதாகும். ஆனால் இது அவ்வாறில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, தமிழில் [த்] என்ற ஒலி வேறுப்பட்ட ஒலிச் சூழல்களில் மிக வேறுபட்டு மெய்ப்படுத்தம் செய்யப்படுகிறது. மொழியியலில் ஒலியனியல் (phonology) களம் வேறுபட்ட

சூழலில் ஒலிகள் வேறுபட்டு மெய்ப்படுத்தம் செய்யப்படுகின்றது என்பதையும் எவ்வாறு ஒலிகளின் இவ்வொழுங்குமுறை மீதி இலக்கணத்துடன் தொடர்புடையது என்பதையும் விளக்குகிறது. நாம் இவ்வேறுப்பட்ட மெய்ப்படுத்தங்களை விளக்க ஒலியனியல் விதிகளை (phonological rules) எழுத வேண்டும்.

கணினி வழி ஒலியனியல் ஆய்வு கணினி ஒலியனியல் (computational phonology) என்று அறியப்படும். கணினி ஒலியனியலின் முக்கியமான பகுதி ஒலியனியல் விதிகளை மாதிரிப்படுத்தும் கணினி இயங்குமுறைகளின் ஆய்வாகும். நாம் எவ்வாறு எழுத்துக்கூட்டல் மாற்றிகள் (spelling-rule transducers) ஒலியனியலை மாதிரிப்படுத்த இயலும் என்று காட்ட வேண்டும். பின்னர் ஒலியனியல் கற்றலின் (phonological learning) கணினி மாதிரிகளை விளக்க வேண்டும்: எவ்வாறு ஒலியனியல் விதிகள் இயந்திரக் கற்றல் வழிமுறைவரைவுகளால் தானாக ஊக்கப்படுத்த இயலும். இறுதியாக நாம் உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளில் ஒரு முக்கியமான சிக்கலுக்கு வேண்டி ஒலியனியலின் மாற்றி அடிப்படையிலான மாதிரியைப் (transducer-based model) பிரயோகிக்க வேண்டும்: எழுத்துக்களின் கோர்வைகளிலிருந்து ஒலிகளின் கோர்வைகளைப் பொருத்துதல். நாம் முதலில் பெரிய ஒலிப்பு அகராதியை உருவாக்குவதில் உள்ள சிக்கல்களை அளவிட வேண்டும். பின்னர் எவ்வாறு மாற்றி அடிப்படையிலான சொற்களஞ்சியங்களும் எழுத்துக்கூட்டல் அலகுகளும் எழுத்திலிருந்து உச்சரிப்புக்குப் பொருத்துவதற்கு உச்சரிப்புகளால் பெரிதுபடுத்தப்பட வேண்டும் என்று காட்ட வேண்டும்.

4.2. உரையிலிருந்து பேச்சு

உரையிலிருந்து பேச்சு என்ற கலைச் சொல் உள்ளீட்டு உரையை பேச்சு கூற்றாக மாற்றுவதைக் குறிக்கிறது. உள்ளீட்டு உரையில் சொற்கள், வாக்கியங்கள், பத்திகள், எண்கள் மற்றும் சுருக்கங்கள் கூட உட்படுத்தப்படும். உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்று செயல்முறை உரையை அடையாளம் காண வேண்டும். எந்த தெளிவற்ற தன்மையும் இல்லாமல், அதனுடன் தொடர்புடைய ஒலி வெளியீட்டை ஏற்றுக்கொள்ளத்தக்க வகையில் உருவாக்கும். இதன் பொருள் உரையிலிருந்து பேச்சு இயந்திரத்தின் வெளியீட்டின் தரம் இயற்கையான பேச்சுக்கு முடிந்தவரை நெருக்கமாக இருக்கும்படி செய்யப்பட வேண்டும்.

4.2.1 ஒலியன்களும் ஒலியன் விதிகளும்

உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தில் எழுத்துக்களால் அல்லது எழுத்துக்களின் கோவைகளால் ஆன உரையானது ஒலிவடிவில் அல்லது ஒலிகளின் கோவையாக மாற்றப்படவேண்டும். முதலில் எழுத்துக்கள் ஒலியன்களாக (phonemes) மாற்றப்படவேண்டும். தமிழ் போன்ற மொழிகளில் இது

எளிது எனென்றால் தமிழ் எழுத்துக்கள் தமிழ் ஒலியன்களின் நேரடி வடிவம் தான். ஆனால் ஆங்கிலம் போன்ற மொழிகளில் எழுத்துவடிவமும் ஒலியன் வடிவமும் வேறாகும். எழுத்துக்களின் கோவைகளுக்கும் ஒலியன்களின் கோவைகளுக்கும் உள்ள தொடர்பு நேரடியானதல்ல. எனவே ஆங்கிலம் போன்ற மொழிகளில் எழுத்து வடிவம் அல்லது எழுத்துகளின் கோவை ஒலியன்களின் கோவையாக மாற்றப்படவேண்டும். எனவே எழுத்துகளிலிருந்து ஒலியன்களாக மாற்றும் விதிகள் ஆங்கிலத்தில் தேவை. தமிழில் இது எளிதாகும்.

ஒலியன்களின் கோவைகளாக மாற்றப்பட்ட உரை ஒலிகளின் கோவைகளாக மாற்றப்படவேண்டும். ஒலியன்கள் வேறுபட்ட சூழல்களில் வேறுபட்டு உருவாக்கப்படும். ஒலியன்கள் தமக்குள் சூழல் அடிப்படையில் மாற்றொலிகளின் (allophones) ஒரு குழுமத்தால் உருப்படுத்தம் செய்யப்படும். ஒலியனுக்கும் அதன் மாற்றொலியன்களுக்கும் இடையில் உள்ள உறவு ஒலியன்களின் விதியால் பெறப்படும். எடுத்துக்காட்டாக, தமிழில் /க்/ என்ற ஒலியனை உருப்படுத்தம் செய்யப்படும் மூன்று மாற்றொலியன்களைப் பின்வருமாறு ஒலியனியல் விதியால் விளக்கலாம்:

k → g/N

k → x/V-V

k → k/ பிற சூழல்களில்

அதாவது மூக்கொலி முன் கடையண்ணக் குரலிலா ஒலியானது கடையண்ணக் குரல் ஒலியாகவும் இரு உயிர்களுக்கிடையில் கடையண்ண உரசொலியாகவும் பிற சூழல்களில் குரலிலா அடைப்பொலியாகவும் உருப்படுத்தம் பெறும். தமிழில் /ப்/ என்ற ஒலியனுக்கு நான்கு மாற்றொலிகள் உள்ளன. இம்மாற்றொலிகள் உச்சரிப்பால் வேறுபடும் மற்றும் இவை தமது வருகையால்/வினியோகத்தால் அல்லது கூற்றில் அவை வரும் இடத்தால் வேறுபடும். இதுபோன்று /த்/, /ட்/, /ச்/, /க்/ என்ற ஒலியன்களுக்கு முறையே நான்கு மாற்றொலிகள் உள்ளன. /ற்/ என்பதற்கு மூன்று மாற்றொலிகள் உள்ளன. பிற மெய்யொலிகள் ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டுள்ளன. மெய்யொலியன்களைப் போலவே உயிரொலியன்களும் மாற்றொலிகளைக் கொண்டுள்ளன: /இ/ என்பது மூன்று மாற்றொலிகளை கொண்டுள்ளது; /ஈ/ ஒரேயொரு மாற்றொலி கொண்டது; /எ/ இரண்டு மாற்றொலிகளைக் கொண்டது; /ஏ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது; /அ/ இரண்டு மாற்றொலிகளைக் கொண்டது; /ஆ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது; /உ/ இரண்டு மாற்றொலிகளைக் கொண்டது; /ஊ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது; /ஓ/ இரண்டு மாற்றொலியைக் கொண்டது. /ஔ/ ஒரேயொரு மாற்றொலியைக் கொண்டது.

உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தில் ஒலியன்களின் மாற்றொலிகள் கவனத்தில் கொள்ளப்படவேண்டும். அவ்வாறு செய்யும் போது தான் பேச்சாக்கம் இயற்கையானதாக இருக்கும்.

4.2.2. ஒலியனியல் விதிகளும் முற்றுநிலை மாற்றிகளும்

ஒலியனியல் விதிகளை முற்றுநிலை மாற்றிகளால் நடைமுறை படுத்தலாம். ஒலியனியல் விதிகளை மெய்ப்படுத்தம் செய்ய முற்றுநிலைத் தானியங்கியை பலவழிகளில் பயன்படுத்தும் கணினி ஒலியனியலின் வேறுப்பட்ட மாதிரிகள் இருக்கின்றன. இவற்றில் ஒன்று நாம் கணினி உருபனியலில் பார்க்க இருக்கும் கொஸ்கென்னியின் இருமட்ட உருபனியலாகும் (two-level morphology of Koskeniemi (1983)). இருமட்ட உருபனியல் சொல் வடிவுக்கும் புற வடிவுக்கும் இடையே உள்ள பொருத்தத்தின் மீது முற்றுநிலை நல்லுருவாக்கக் கட்டுப்பாடுகளாக மாதிரி செய்யும் உருபனியல்/ஒலியனியல் கோட்பாடாகும். கணினி ஒலியனியலின் உயர்வான சிக்கல்களை நேரிட ஒலியனியலின் இருமட்ட அல்லது முற்றுநிலை மாதிரியின் கூடுதல் சிறப்பான உபாயம் பயன்படுத்தப்படும். ஒலியனியல் விதிகளைப் பொறியால் கற்கச் செய்யலாம். ஒரு பரப்பிலிருந்து சிறிது தரவும் பிற தகவல்களும் தரப்படுகையில் அது அப்பரப்பிற்குத் தானாக ஒரு மாதிரியைத் தூண்டுவது பொறி கற்றல் ஒழுங்குமுறையின் வேலையாகும். இவ்வாறு ஒலியனியல் விதிகளைக் கற்கவேண்டி ஒரு ஒழுங்குமுறைக்கு அதிலிருந்து தூண்ட சொற்களின் (புற வடிவங்களின்) குறைந்தது ஒரு குழும விதிகள் தரப்படும். ஒரு கண்காணிக்கப்பட்ட வழிமுறைவரைவு (supervised algorithm) இத்தரவின் சிறுபகுதிக்கு விடைகள் தரப்படுகையில் இவ்விடைகளைப் பயன்படுத்தி அது முன்னர் பார்க்காத புதிய தரவைப் பொதுமையாக்கம் செய்யவியலும் ஒரு மாதிரியைத் தூண்டும். கண்காணிக்கப்படாத வழிமுறைவரைவு (unsupervised algorithm) இதைத் தரவிலிருந்தே செய்கின்றது. கண்காணிக்கப்படாத வழியமைப்புகள் வகுப்புகளுக்குச் சரியான புலக்குறிகளைப் பார்க்காமல் இருந்தாலும், அவைகள் உருவாக்க வேண்டிய விதிகளின் அல்லது மாதிரிகளின் இயல்பைப் பற்றி குறிப்பைத் தர இயலும். எடுத்துக்காட்டாக, தானியங்கி வடிவில் மாதிரிகள் இருக்கும் என்ற அறிவு ஒருவகைக் குறிப்பாகும். இம்மாதிரியான குறிப்புகள் கற்றல்சார் தவறானகருத்துகள் (learning bias) எனப்படும்.

4.2.3. உரையிலிருந்து பேச்சுக்குவேண்டி உரையை ஒலியன்களுக்குப் பொருத்துதல்

நாம் ஒரு மொழியின் ஒலிகளின் பட்டியலைத் தெரிந்துக் கொள்ளவும் எவ்வாறு ஒலியனியல் விதிகளை மாதிரிப் படுத்துவது என்பதை அறிந்துகொள்ளவும் செய்தால் எழுத்திலிருந்து அல்லது உரைச் சொல்லிலிருந்து அதன் உச்சரிப்புக்குப் பொருத்தும் சிக்கலை ஆயத் தயார் என்பதாகும்.

4.2.3.1. உச்சரிப்பு அகராதிகள்

உச்சரிப்பு அகராதிகள் உரையிலிருந்து பேச்சுக்குப் பொருத்த மிக பயனுள்ள கருவியாகும். எளிய உச்சரிப்பு அகராதிகள் சொற்களின் பட்டியலையும் அவற்றின் உச்சரிப்பையும் தரும் (Jurafsky and Martin, 2000: 120).

Word	Pronunciation	Word	Pronunciation
cat	[kæt]	goose	[gus]
cats	[kæts]	geese	[gis]
pig	[pig]	hedgehog	['hɛdʒ.hɔg]
pigs	[pigz]	hedgehogs	['hɛdʒ.hɔgz]
fox	[fɒks]		
foxes	['fɒk.sɪz]		

PRONLEX, CMUdict, மற்றும் CELEX என்ற இணையத்தள உச்சரிப்பு அகராதிகள் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை பேச்சைத் தெரிந்து கொள்கைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவற்றைப் பேச்சு கூட்டிணைப்புக்கும் பயன்படுத்த வேண்டி சுவீகரித்துக் கொள்ளலாம்.

4.2.3.2. அகராதியை நோக்குவதற்கு அப்பாற்பட்ட உரை ஆய்வு

ஆரம்பகால உரைகளிலிருந்து பேச்சாய்வுகள் உரையிலிருந்து ஒலிகளுக்குப் பொருத்த உச்சரிப்பு அகராதிகளை சார்ந்திருந்தன. முன்னர் கூறியபடி உரைகளிலிருந்து ஒலிகளாகப் பொருத்தமாற்றம் செய்யும் ஒரு வழி ஒவ்வொரு சொற்களின் உச்சரிப்பையும் உச்சரிப்பு அகராதியைப் பார்த்தறிந்து ஒலிகளின் கோர்வையை அகராதியிலிருந்து படிப்பதாகும். இந்த நெறிமுறை ஏற்கெனவே அகராதியில் தரப்பட்ட சொற்களுக்குப் பொருத்தும். ஆனால் பலச்சொற்கள் முன்னரே அகராதியில் தரப்படாததற்கான சூழல் சாத்தியம் இருக்கின்றன. இத்தகைய நிலையில் நாம் அகராதியில் தரப்படாத சொற்களின் உச்சரிப்பைத் தெரிந்துக்கொள்ள நிகழ்வுசாத்திய நுட்பங்களைப் (probabilistic techniques) பயன்படுத்த வேண்டிவரும்.

4.2.3.3 முற்றுநிலைமாற்றி அடிப்படையில் உச்சரிப்பு அகராதி

உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் தொடக்கக்கால உச்சரிப்பு மாதிரி எழுத்திலிருந்து ஒவ்வொரு விதியும் எவ்வாறு ஒரு எழுத்து அல்லது எழுத்துக்களின் இணைப்பு ஒலிகளாக பொருத்தமாற்றம் செய்யப்பட்டன என்று குறிப்பிட்டுக் காட்டியது. கீழே விற்றன் (Witten, 1982) என்பவரின் விதி அடிப்படை வடிவு தரப்பட்டுள்ளது (Jurafsky and Martin, 2000: 125):

Fragment	Pronunciation
- p -	[p]
- ph -	[f]
- phe -	[fi]
- phes -	[fiz]
- place -	[pleis]
-placi -	[pleisi]
-plement -	[pliment]

ஸ்ப்ரோட் (Sproat) மற்றும் அவருடன் சேர்ந்த பிறரும் உரையிலிருந்து பேச்சுக்கு மாற்றிகளைப் பயன்படுத்தினார்கள். நாம் அவர்களின் மாற்றி அணுகுமுறையை ஐந்து பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்:

1. அகராதியிலுள்ள தனிச் சொற்களுக்கும் உருபன்களுக்கும் உச்சரிப்பை உருப்படுத்தம் செய்யும் முற்றுநிலை மாற்றி
2. உருபன்களின் சாத்தியமானத் தொடர்ச்சியை உருப்படுத்தம் செய்யும் முற்றுநிலைத் தானியங்கிகள்
3. ஒவ்வொரு உச்சரிப்பு விதிகளுக்கும் தனியான முற்றுநிலை மாற்றி
4. பெயர்களின் மற்றும் சுருக்கப்பெயர்களின் உச்சரிப்பை மாதிரிப்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படும் உள்ளுணர்வு மற்றும் எழுத்திலிருந்து-ஒலி விதிகள்/ மாற்றிகள்
5. எந்த பிற அறியாத சொற்களுக்கும் வழநிலை எழுத்திலிருந்து-ஒலி விதிகள்/மாற்றிகள் உரையிலிருந்துப் பேச்சுக்கான உரையிலிருந்து ஒலிக்குப் பொருத்தமாற்றம் (Jurafsky and Martin, 2000:127):

Orthographic	Lexicon
Lexicon	
	Regular Nouns
cat	c/k a æ t t
fox	f f o ɑ x ks
dog	d d o ɑ g g
	Irregular Singular Nouns
goose	g g oo u s s e ɛ

Irregular Plural Nouns

go:e o:e se

g| g oo|u: ee|i s|s e|ε

மேற்சொன்னப் படத்தில் அகராதிக்கு இரண்டு நிலைகள் இருக்கின்றன. ஒன்று உள்ளுறையும் சொல்சார் மட்டம்; மற்றொன்று இடைப்பட்ட மட்டம். இதில் இடைப்பட்ட மட்டத்தை புற மட்டத்திற்கு பொருத்தமாற்றம் செய்ய எழுத்துக்கூட்டல் விதிகளையும் உச்சரிப்பு விதிகளையும் பயன்படுத்தும் மாற்றிகளைச் சேர்க்க வேண்டும். இது வேறுபட்ட எழுத்துக்கூட்டல் விதிகளையும் ஒலியன் விதிகளையும் உள்ளடக்கும். சொற்களஞ்சியம் மற்றும் ஒலியனியல் விதிகள் மற்றும் வரிவடிவ விதிகள் என்பனவற்றைச் சொல் உருப்படுத்தத்திற்கும் புற உருப்படுத்தத்திற்கும் இடையில் பொருத்த மாற்றம் செய்யப் பயன்படுத்தலாம். சொற்களஞ்சிய முற்று நிலை மாற்றிகள், அடிகள் மற்றும் ஒலியனியல் பண்புக் கூறுகளைக் கொண்ட சொல் மட்டத்திற்கும் உருபங்களின் எளிய இணைப்பை உருப்படுத்தம் செய்யும் இடைப்பட்ட மட்டத்திற்கும் இடையில் பொருத்தமாற்றம் செய்கிறது. பின்னர் ஒரு தனி எழுத்து விதிக் கட்டுப்பாடு அல்லது தனி ஒலியனியல் கட்டுப்பாடு இவற்றில் ஒன்றை உருப்படுத்தம் செய்யும் ஒருகுழும முற்றுநிலை மாற்றிகள் இடை மட்டம் மற்றும் புறமட்டம் இவற்றிற்கிடையில் பொருத்தமாற்றம் செய்ய இணையாகச் செயல்படுகின்றது. ஒவ்வொரு மட்டத்திற்கும் வரிவடிவ மற்றும் ஒலியனியல் உருப்படுத்தங்கள் இருக்கின்றன. உள்ளீடு சொல் வடிவில் இருக்கும் உரையிலிருந்து-பேச்சு பயன்பாடுகளுக்கு (எ.கா. ஒழுங்குமுறை சொல்லின் சொல்சார் அடையாளம், அதன் சொல்வகைப்பாடு, அதன் திரிபு இவற்றை அறியும் உரை ஆக்கத்திற்கு) முற்றுநிலை மாற்றிகள் சொல் வடிவிலிருந்து புற உச்சரிப்புக்குப் பொருத்த மாற்றம் செய்ய இயலும். உள்ளீடு புற எழுத்துக்கூட்டலாக இருக்கும் உரையிலிருந்து-பேச்சுப் பயன்பாடுகளுக்கு (எ.கா. “உரையை உரக்கப் படிக்கும்” பயன்பாடுகளுக்கு) முற்றுநிலை மாற்றிகள் உள்ளுறையும் சொல் வடிவு வழி புற வரிவடிவத்திலிருந்து புற உச்சரிப்பை பொருத்தமாற்றம் செய்யவியலும்.

இறுதிச் சிக்கல் தலைப்பெழுத்தன்களைப் (acronyms) பற்றியதாகும். தலைப்பெழுத்தன்களைக் முற்றுப்புள்ளிகளுடன் (எ.கா. I.R.S.) அல்லது முற்றுப்புள்ளிகள் இல்லாமல் (எ.கா. IRS) எழுத்துக்கூட்டலாம். முற்றுப்புள்ளிகளுடன் உள்ள தலைப்பெழுத்தன்களை எழுத்துக்கூட்டி உச்சரிக்கலாம் (எ.கா [aɪrɛs]). பொதுவாக முற்றுப்புள்ளிகள் இல்லாமல் தோன்றும் தலைப்பெழுத்தன்களைச் (எ.கா. AIDS, ANSI, ASCAP) சொல்லாக எழுத்துக்கூட்டவோ உச்சரிக்கவோ செய்யலாம். எனவே AIDS எனதை aid என்ற வினையின் படர்க்கை இட வடிவு போன்றே உச்சரிக்கலாம். லிபர்மான் மற்றும் சர்ச் (Lieberman

and Church, 1992) சொற்களாக உச்சரிக்கப்படும் தலைப்பெழுத்தன்களின் ஒரு சிறிய அகராதியை வைத்திருக்கவும் மீதமுள்ளவற்றை எழுத்துக்கூட்டவும் யோசனை கூறுகின்றார்.

4.2.4. உரையிலிருந்து-பேச்சில் மீக்கூறு

முன்னர் கூறிய வரிவடிவிலிருந்து ஒலிக்குச் செல்லும் மற்றிச் செயல்பாங்கு பேச்சை உருவாக்கும் உரையிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் பகுதிக்கு உள்ளீட்டின் முக்கியக் கூறை உருவாக்கும். உள்ளீட்டின் மற்றொரு முக்கிய பாகம் மீக்கூறின் குறிப்பீடாகும். மீக்கூறு என்ற கலைச்சொல் பொதுவாகச் சொற்களஞ்சியத்திலிருந்து ஆக்கப்பட்ட ஒலிகளின் தொடர்ச்சியால் விளக்கப்படாத ஒரு வாக்கியத்தின் உச்சரிப்பின் நோக்குகளைக் குறிப்பிட பயன்படும். மீக்கூறு ஒலிகளைக் காட்டிலும் நீண்ட மொழி அலகுகளின் மீது செயல்படும். எனவே இது மீக்கூறு நடப்பின் ஆய்வு என்று சிலநேரங்களில் அழைக்கப்படும். மீக்கூறுக்கு மூன்று முக்கிய ஒலியனியல் நோக்குகள் இருக்கின்றன: மேன்மை (prominence), அமைப்பு (structure) மற்றும் சுரம் (tune). மேன்மை அசையமுத்தத்தையும் (stress) ஒலியமுத்தத்தையும் (accent) உள்ளடக்கும். மேன்மை என்பது அசைகளின் தன்மையாகும். இது ஒரு அசை மற்றொரு அசையைக்காட்டிலும் மேன்மையுடையது என்று ஒத்தறி அடிப்படையில் விளக்கப்படும். உச்சரிப்புச் சொற்களஞ்சியங்கள் சொல்சார் அசையமுத்தத்தைக் குறியீடுசெய்யும். எடுத்துக்காட்டாக *table* என்பது அசையமுத்தத்தை அதன் முதல் அசையிலும் *machine* என்பது அதன் அசையமுத்தத்தை இரண்டாவது அசையிலும் கொண்டிருக்கும். *there, the* அல்லது *a* போன்ற செயல்பாட்டுச் சொற்கள் பொதுவாக ஒலியமுத்தத்தைக் கொண்டிருக்காது. சொற்கள் ஒன்றாக இணைக்கப்படுகையில், அவற்றின் ஒலியமுத்த அமைப்பொழுங்கு இணைந்து முழு வாக்கியத்திற்கும் ஒரு பெரிய ஒலியமுத்த அமைப்பொழுங்கை உருவாக்கும். எவ்வாறு ஒலியமுத்தங்கள் இணைகின்றன என்பதில் சீரானதன்மைகள் இருக்கின்றன. ஒலியமுத்தத்தின் இடம் கருத்தாடல் காரணிகளால் மிக வலுவாகப் பாதிக்கப்படும்.

சில சொற்கள் இயல்பாகவே ஒன்றாகக் குழுமுவதாகத் தெரிகின்றது என்ற அளவில் வாக்கியங்களுக்கு மீக்கூறு அமைப்பு இருக்கின்றது. சில சொற்களுக்கு அவற்றிற்கிடையில் காணத்தக்க இடைவெளி அல்லது பிரிநிலை இருக்கின்றது. பெரும்பாலும் மீக்கூறு அமைப்பு மீக்கூறு தொடராக்கம் (prosodic phrasing) அடிப்படையில் விளக்கப்படும். இப்பெரிய மீக்கூறு அலகுகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படும் கலைச்சொற்கள் இசையோட்டத் தொடர் (intonational phrase or IP) இசையோட்ட அலகு (intonational unit) மற்றும் சுர அலகு (tone unit) என்பனவற்றை உள்ளடக்கும்.

4.2.4.1. மீக்கூறின் ஒலியல் அல்லது ஒலியியக்கவியல் நோக்குகள்

மூன்று ஒலியனியல் காரணிகள் ஊடாட்டம் செய்யும் மற்றும் அவை பல வேறுபட்ட ஒலியியல் மற்றும் ஒலியக்கவியல் நடப்புகளால் மெய்ப்படுத்தம் செய்யப்படும். மேன்மையான

அசைகள் மேன்மையற்ற அசைகளைவிட பொதுவாக ஓசையுடையதாகவும் நீண்டதாகவும் இருக்கும். மீக்கூறுத் தொடர் எல்லைகள் பெரும்பாலும் விட்டிசையாலும் எல்லைக்கு முன்னர் அசையின் நீட்சியாலும் சில சந்தர்ப்பங்களில் எல்லையில் இசைமையின் குறைப்பாலும் தொடரப்படும். இசையோட்டச் சுரம் அடிப்படை நிகழ்வெண் (F0) வெளிவரம்பில் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது.

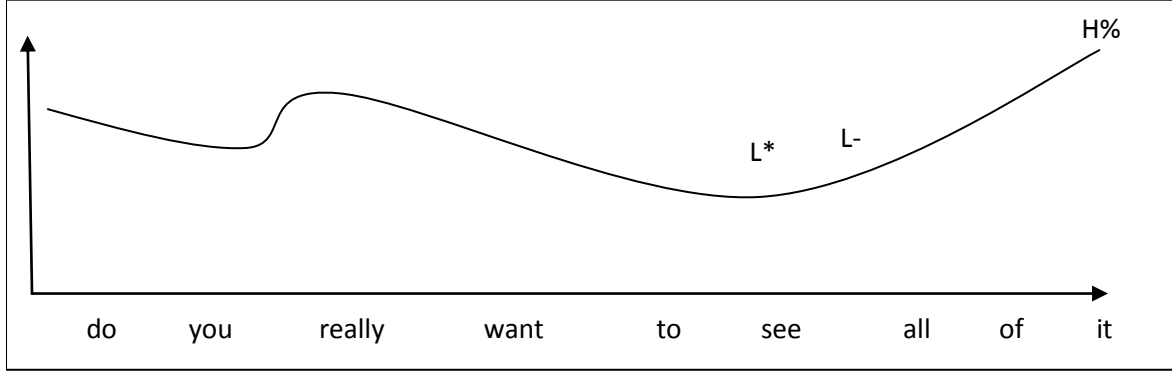
4.2.4.2. பேச்சு உருவாக்கத்தில் மீக்கூறு

உரையிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் ஒரு முக்கியமான வேலை மீக்கூறின் பொருத்தமான மொழி உருப்படுத்தத்தை உருவாக்குவதாகும். அவற்றிலிருந்து வெளியீட்டு பேச்சு அலைவடிவில் வெளிப்படுத்தப்படும் பொருத்தமான ஒலியிக்க அமைப்பொழுங்கை உருவாக்குவதாகும். இத்தகைய மீக்கூறுப் பகுதியைக்கொண்ட ஒரு உரையிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் வெளியீடு ஒரு கால அளவும் F0 (இசைமை) மதிப்பும் உள்ள ஒலிகளின் தொடர்ச்சியாகும். ஒவ்வொரு ஒலியின் கால அளவுவும் ஒலியியல் சார் சூழலைப் பொறுத்து அமையும். F0 மதிப்பு சொல்சார் அசை அழுத்தம், வாக்கியத்தில் ஒலியழுத்தம் செய்யப்பட்ட அல்லது கவனக்குவிப்பு செய்யப்பட்ட கூறு, கூற்றின் இசையோட்டச் சுரம் இவற்றையும் உள்ளடக்கிய முன்னர் விளக்கிய காரணிகளால் பாதிக்கப்பட்டுள்ளது. பின்வரும் படம் FESTIVAL-இலிருந்து (Black et al, 1999) Do you really want to see all of it? என்ற வாக்கியத்தின் உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் மாதிரி வெளியீட்டைக் காட்டும். படம் இரண்டில் காட்டப்பட்ட F0 மதிப்புகளுடன் கூடிய இந்த வெளியீடு அலைவடிவ உருவாக்க கூறுக்கான உள்ளீடாகும். கால அளவு CART-நடை தீர்மானக் கிளையமைப்பால் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது (Jurafsky and Martin, 2000:133).

படம் 1: Do you really want to see all of it? என்ற வாக்கியத்தின் FESTIVAL (Black et al., 1999) வெளியீடு. படம் 2-இல் சரியான இசையோட்ட வடிவத்தோற்றம் தரப்பட்டுள்ளது Jurafsky and Martin, 2000:133).

		H*										L*		L-H%							
do	You	really	want	to	see	all	of	it													
d	uw	y	uw	r	lh	l	iy	w	aa	n	t	t	ax	s	iy	ao	l	ah	v	ih	t
110	110	50	50	75	64	57	82	57	50	72	41	43	47	54	130	76	90	44	62	46	120

மாதிரி வக்கியத்திற்கு FESTIVAL-ஆல் இணைப்பாக்க ஒழுங்கமைப்பால் உருவாக்கப்பட்ட F0 வடிவத்தோற்றம் (Jurafsky and Martin, 2000:133).

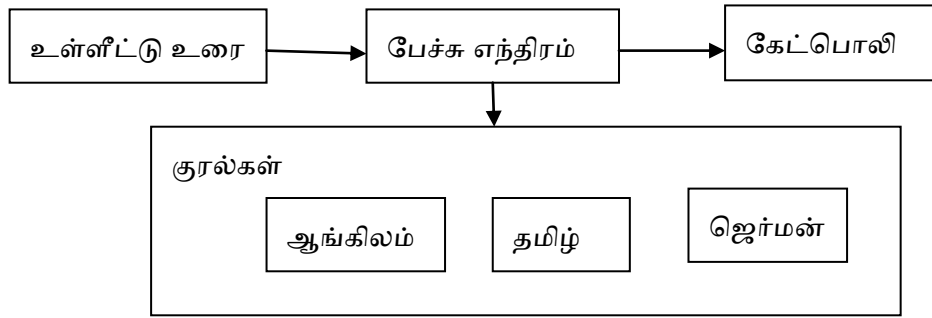


முன்னர் பரிந்துரைக்கப்பட்டது போல், எந்த அசையை ஒலியழுத்தம் செய்யவேண்டும் எந்த அசையை சுரத்தை பயன்படுத்தவேண்டும் போன்ற உண்மை உலக அறிவு மற்றும் பொருண்மையியல் சார் தகவல் தேவை ஆகையால் மீக்கூறு அமைப்பொழுங்கை தீர்மானிப்பது கடினமானதாகும். இவ்வகையிலான தகவல்களை உரையிலிருந்து பிரித்தெடுப்பது கடினம் எனவே மீக்கூறு தொகுதிகள் உள்ளீடு செய்யப்பட்ட பனுவலில் ஒரு “நடுநிலை அறிவிப்பு” பதிப்பை விளைவிக்க நோக்கம் கொண்டுள்ளது.

4.3. உரையிலிருந்து பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்

பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் மனிதப் பேச்சின் செயற்கைத்தன்மையான உற்பத்தி; இது படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்று பேச்சு குறிகையை எழுத்துவடிவப் பனுவலாக மாற்றும் செயல்பாடாகும். மேலும் நாம் தமிழ் பனுவல்-பேச்சு ஒழுங்குமுறை உருவாக்குவதாய் இருந்தால் இவ்வொழுங்குமுறை எந்த எழுத்துவடிவ உள்ளீட்டையும் ஏற்கவேண்டும். இதைக் கருத்திற்கொண்டு கணினி பேச்சைப் பற்றி ஒரு சில வேறுபடுத்தல்கள் செய்வது தேவையாகும். ஏதாவது பேச்சை ஒலிப்பதிவு செய்து கணிப்பொறியில் சேமித்துவைத்து ஒலிக்கச்செய்து கேட்கலாம். பல ஒழுங்குமுறைகள் இதைத்தான் செய்கின்றன; விடை எந்திரம் (answer machine) பதிவு செய்யப்பட்ட செய்திகளைத் திரும்ப ஒலிக்கின்றது; வானொலிப்பெட்டி ஏற்கனவே பதிவுசெய்யப்பட்ட நேர்காணலைத் திரும்ப ஒலிக்கின்றது; இவ்வாறு பல ஒழுங்குமுறைகள்

உள்ளன. உரை-பேச்சுக்குப் பின்னணியாக வரும் கருத்து என்னவென்றால் "திரும்ப ஒலிக்கப்படும்" செய்திகள் உண்மையிலேயே ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டவை அல்ல. திரும்ப ஒலிக்கச் செய்யும் நடத்தையிலிருந்து அடுத்தபடியான நடவடிக்கை பொதுவான சொற்களையோ ஒலிப்பதிவு செய்து திரும்பச் சேர்ப்பதாகும்; இந்த நுட்பம் தொலைபேசி உரையாடல் சேவைகளில் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. சில வேளைகளில் பயன்விளைவு ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடியதாய் இருக்கும்; சில வேளைகளில் ஏற்றுக்கொள்ள இயலாததாய் இருக்கும்; செயற்கையாக ஒன்றுசேர்க்கப்பட்ட பேச்சு செயற்கையாக இருக்கும். மாறாக உரை-பேச்சு விரும்பப்படுகிற செய்தி உண்மையிலேயே பேசப்பட்டாலும் இல்லாவிட்டாலும் எதையும் பேச்சும் இலக்கைக் கொண்டது.



4.3.1. பேச்சு

பேச்சுக் குறிகை (speech signal) ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்பவருக்கும் இடையிலுள்ள ஊடகத்தில் ஏற்படும் அழுத்த மாற்றங்களின் வரிசையாகும். பேச்சுக் குறிகையின் மிகப் பொதுவான உருப்படுத்தம் பெரும்பாலும் அலைவடிவம் (wave form) என்று அழைக்கப்படும் ஆசிலோகிராம் (ocillogram) ஆகும். பேச்சு மனித முன் தொண்டை, தொண்டை, வாய், நாக்கு இவற்றின் வழியாகச் செல்லும் காற்றின் போக்கில் ஏற்படும் தடைகளால் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றது. உயிரொலிகளை உள்ளடக்கிய குரல் ஒலிகள் ஓரளவு சீரான அமைப்பொழுங்கைக் காட்டுகின்றன. குரலொலிகள் இயல்பாக அதிக சக்தியைக் கொண்டிருக்கின்றது; ஸ் போன்ற குரலிலா ஒலிகள் சீரற்ற அமைப்பொழுங்கைக் கொண்டிருக்கும். ஒரு பேச்சு குறிகையை ஒலியன்களின் அல்லது நோட்டங்களின் வரிசையாகப்

புரிந்துகொள்ளப்படலாம். பொதுவாகக் கூற்று அதிக அளவில் வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற ஐ.பி.எ. ஒலியியல் நெடுங்கணக்கால் (IPA Phoneic Alphabet) ஒலிபெயர்க்கப்படுகின்றது.

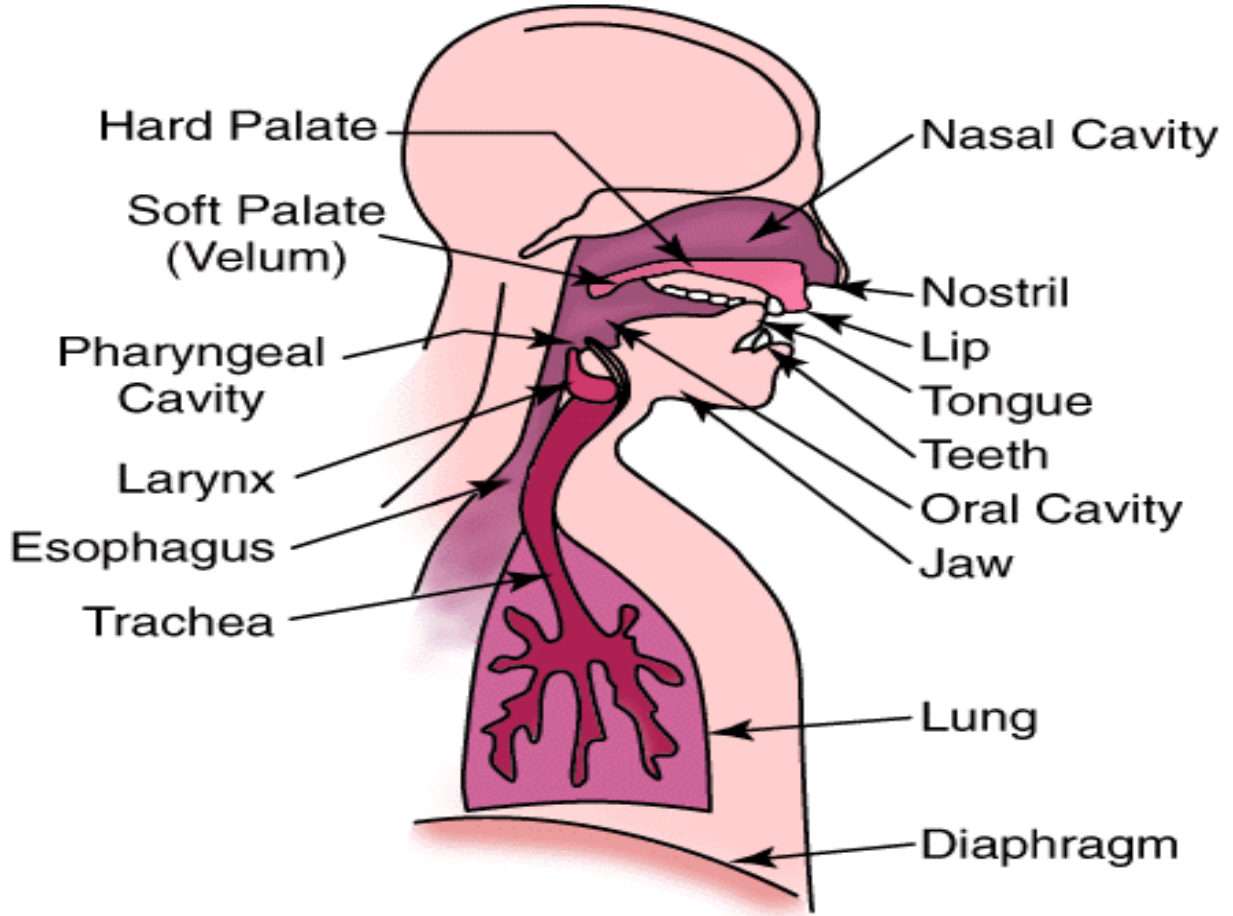
பேச்சு குறிகையை உருப்படுத்தம் செய்யும் மற்றொருவழி இசைமை ஆய்வால் உற்பத்திசெய்யப்படும் ஒன்று. பேச்சு இரு பாகங்களைக் கொண்ட இயற்பியல் செயற்பாங்கு ஆகும்: ஒலி மூலத்தின் (குரல்வளை மடல்கள்) மற்றும் இறுத்தலின் (நாக்கு, உதடுகள், பல் போன்றவற்றால்) உற்பத்திப் பொருள். இசைமை ஆய்வு இறுதி பேச்சுக் கூற்றை ஆய்வதால் ஒலி மூலத்தின் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணைக் கண்டுபிடிக்க முயலுகின்றது. அடிப்படை நிகழ்வெண் குரல்வளை மடல்களால் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஒலியின் முனைப்பான நிகழ்வெண்ணாகும். எவ்வாறு கேட்பவர்கள் பேசுபவர்களின் இசையோட்டதையும் அசை அழுத்தத்தையும் கேட்கின்றனர் என்பதற்கு வலுவான தொடர்புப்பொருத்தம் அடிப்படை நிகழ்வெண்ணாகும். ஆணின் இயல்பு F0 நிகழ்வெல்லை 80-200 Hz ஆகும்; பெண்களுக்கு 150-350 Hz ஆகும்.

4.3.2 பேச்சு உற்பத்தி

பேச்சு நுரையீரலிலிருந்து குரல்வளை, வாயறை, மூக்கறை வழியாகச் செல்லும் காற்றொழுக்கால் உருவாக்கப்படுகின்றது. இது மூன்று செயற்பாங்குகளை உட்படுத்தும்: தொடக்கம் (initiation), இழுமை (phonation), வாய்-மூக்குச் செயற்பாங்கு (oral-nasal process), ஒலிப்பு (articulation). நுரையீரல்களிலிருந்து காற்று வெளியேற்றப்படுவது தொடக்கச் செயற்பாங்கு ஆகும். தொண்டையில் நிகழும் செயற்பாங்கு இழுமை ஆகும்.

தொண்டைக் காற்று வழியில் இரண்டு செங்குத்தான மடல்களைக் கொண்டிருக்கின்றது; அவை குரல்வளை மடல்களாகும் (vocal folds). மடல்களுக்கு இடையிலுள்ள இடைவெளி குரல்வளையாகும் (glottis). குரல்வளையை அதன்வழியே காற்று போகாதபடி மூட இயலும் அல்லது குரல் ஒலிகளை ஒலிக்கும் விதத்தில் குரல்வளை மடல்களை அதிர்ச்செய்ய இயலும் படி குறுகிய திறப்பைக் கொண்டிருக்கச் செய்யவியலும். இறுதியாக இயல்பான மூச்சுவிடும் போது அதை அதிகமாகத் திறக்க இயலும்; இதனால் குரல்வளை மடல்களின் அதிர்வு குறைக்கப்பட்டு குரலிலா ஒலிகள் உற்பத்தி செய்யப்படும்.

தொண்டை, மேல்தொண்டை வழியாகச் சென்ற பின்னர் காற்று வாயறை அல்லது மூக்கறை வழியாகச் செல்ல இயலும். பின்னண்ணம்/கடையண்ணம் இந்தத் தேர்வுக்குப் பொறுப்பான பகுதியாகும். வாய்-மூக்குச் செயற்பாங்கு மூக்கு மெய்யொலிகள் மற்றும் பிற ஒலிகளைத் தீர்மானிப்பதற்கு உதவும். இறுதிச் செயற்பாங்கு வாயறையில் நிகழும் ஒலிப்புச் செயற்பாங்கு ஆகும்; இந்தச் செயற்பாங்கு பெரும்பாலான பேச்சொலிகளை வேறுபடுத்த மனிதனுக்கு உதவுகின்றது. பேச்சு உற்பத்தியின் உடலியங்கியல்/உடற்கூறியல் கீழே படத்தில் தரப்பட்டுள்ளது. பேச்சு உற்பத்தி பற்றி இயல் 3இல் விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளது.



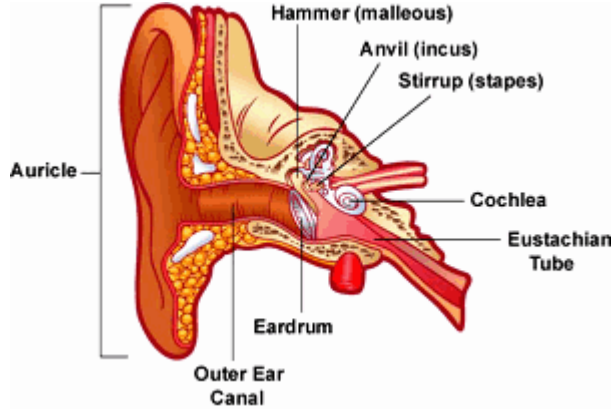
Hard palate 'வல்லண்ணம்', trachea 'முச்சுகுழல், teeth 'பல், Soft palate 'மெல்லண்ணம்', nasal cavity 'மூக்கறை, oral cavity 'வாயறை' Pharyngeal cavity 'மேல்தொண்டைஅறை,

nostril 'மூக்குத் துளை, jaw 'தாடை, Larynx 'தொண்டை' lip 'இதழ்', lung 'நுரையீரல்', Esophagus 'உணவுகுழல்', tongue 'நா', diaphragm 'உந்தி/உதரவிதானம்'.

4.3.3 பேச்சு கேட்புணர்வு

கேட்புணர்வு ஒழுங்கமைப்பில் இரண்டு முக்கியமான கூறுகள்/பகுதிகள் உள்ளன: வெளிப்படையான கேட்பு உறுப்புகள் (காதுகள்) மற்றும் கேட்பு நரம்பு ஒழுங்குமுறை (மூளை). காது ஒலிப்பு அழுத்த குறிகையை ஆய்கின்றது; முதலில் அதைப் பேசிலியார் தோல்/ஐவ்வு மீது எந்திரத்தன்மையான அதிர்வு அமைப்பொழுங்குகளாக மாற்றுகின்றது; பின்னர் கேட்பு நரம்பால் கடத்தப்பட்ட துடிப்புகளின் வரிசைகளால் உருப்படுத்தம் செய்கின்றது. கேட்புணர்வுத் தகவல் கேட்பு நரம்பு ஒழுங்கமைப்பின் பல்வேறு நிலைகளில் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றது.

மனிதக் காது மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டது: வெளிக்காது, நடுக்காது, அகக்காது. வெளிக்காது காணக்கூடிய வெளிப்பகுதி, ஒலி பயணிக்கும் குழாய் வடிவ வெளி கேட்புக் குழாய் (external auditory canal) இவற்றைக் கொண்டிருக்கும். குழாய் அதன் ஒரு முனையில் காதுமுரசால் (ear drum) மூடப்பட்டிருக்கும். காற்று அழுத்த வேறுபாடுகள் காதுமுரசை அடைந்தது அதை அதிர்ச்செய்யும்; இந்த அதிர்வுகளை அதன் எதிர் பக்கம் இருக்கும் எழும்புகளுக்குக் கடத்தும். உள்வரும் ஒலி அழுத்த அலை போன்ற அதே நிகழ்வெண்ணில் (சுருங்குதல், விரிதல் இவை மாறிமாறி நிகழ்தல்) காதுமுரசின் அதிர்வெண் இருக்கும். நடுக்காது காற்று நிரப்பப்பட்ட இடைவெளி அல்லது அறை ஆகும். இந்த அறையுடன் மூக்கையும் தொண்டையையும் இணைக்கும் குழாய்வழி காற்று நடுக்காது அறைக்குப் பயணிக்கும். அகக் காதுக்கு (காக்ளியா) (cochlea) எலும்பு இடைமுகத்தில் இருக்கும் சிறிய தோல் ஓ வடிவச் சாளரம் (oval window) ஆகும். காக்ளியாவின் சுவர்கள் எலும்பாக இருப்பதால் சக்தியானது ஸ்டேப்களின்/உட்செவி எலும்புகளின் (stapes) எந்திரம்சார் செயல்பாட்டல் ஓ-வடிவ சாளரத்தின் மேல் போர்த்தப்பட்டுள்ள/இழுக்கப்பட்டுள்ள தோல்/ஐவ்வுமீது ஒரு பதிப்பாகக் கடத்தப்படுகின்றது. காதின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



Hammer 'சுத்தி', Auricle 'காதுமடல்', Outer ear canal 'வெளிக்காது குழாய்', Anvil 'பட்டறை எலும்பு', Stirrup 'அங்கவடி எலும்பு', Cochlea 'அகக்காது', Ear drum 'காது முரசு', Eustachian tube 'நடுச்செவிக் குழல்'

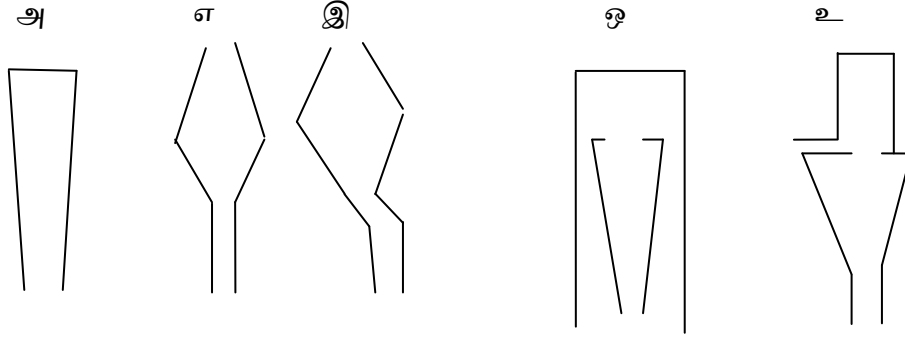
ஒலி கேட்புணர்வுக்கு அகக்காதின்/உட்காதின் தேவையான அமைப்பு/பகுதி காக்ளியா ஆகும்; இது ஒலியின் உருப்படுத்தத்தை மூளைக்கு கடத்தும் கேட்பு நரம்புடன் நேரடியாகத் தொடர்புகொள்கின்றது. சுருள் பகுக்கப்பட்டுள்ளது; முதன்மையாக நீளவாக்கில் ஓடும் பாசிலார் ஜவ்வாலும்/தோலாலும் இரண்டு திரவம் நிரப்பப்பட்ட அறைகளாலும் பகுக்கப்பட்டுள்ளது. காக்ளியாவை ஏறக்குறைய இறுக்கும் வங்கியாயக் கருத இயலும்; இதன் வெளியீடுகள் அதிர்வெண்-இட மாற்றம் நிறைவேற்றப்பட வேண்டி இடத்தால் ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டுள்ளது. காக்ளியாவின் அடிக்கு அண்மையிலிருக்கும் இறுப்பான்கள் உயர்ந்த நிகழ்வெண்களுக்கு பதிலளிப்பு செய்கின்றது; உச்சிக்கு அண்மையில் இருப்பவைகள் குறைந்த நிகழ்வெண்களுக்குப் பதிலளிப்பு செய்கின்றது. நரம்புக் கடத்தல் செயற்பாங்கு இதைத் தொடர்கின்றது மற்றும் ஸ்பெக்ட்ரல் குறிகையைக் (spectral signal) கிட்டத்தட்ட பண்புக்கூறு பிரித்தெடுக்கும் கூறு/பகுதிக்கு பொருத்தமுறும் கேட்பு நரம்பின் (auditory nerve) செயல்பாட்டு குறிகைகளாக மாற்றுகின்றது.

4.3.4 பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் வரலாறு

பல நூற்றாண்டுகளாக மனித இனத்தின் கனவாகச் செயற்கைப் பேச்சு இருந்தது. குறிகை ஆய்வைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு முன்னர் மனிதப் பேச்சை உருவாக்க இயலும் சில எந்திரங்களை உருவாக்குவதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (speech

synthesis) இயந்திரச்சார்பிலிருந்து மின்சாரம்சார் கூட்டிணைப்பாக மாறியது; இயந்திரம்சார் கூட்டிணைப்பாக்கம் 1779-இல் தொடங்கப்பட்டது. 1779-இல் ரஷ்யப் பேராசிரியரான கிறிஸ்டியன் கிராட்செண்டைன் (Christian Kratzenstein) ஐந்து நெட்டுயிர்களுக்கு (அ, எ, இ, ஒ) இடையேயுள்ள உறுப்பியல்சார் வேறுபாடுகளை விளக்கினார்; அவர் அவற்றைச் செயற்கையாக உற்பத்திசெய்யக் கருவியை உருவாக்கினார். கிராட்செண்டைன் படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்று மனிதப் பேச்சுக்குழாயுடன் ஒற்றுமையுள்ள ஒலியியக்க ஒலியூக்கிகளை (acoustic resonators) உருவாக்கினார்; இசைக்கருவிகள் போன்று அதிர்வுறும் நாக்கால் ஒலியூக்கிகளைச் செயற்படுத்தினார்.

கிராட்செண்டைனின் ஒலியூக்கிகள் (Kratzenstein's resonators)



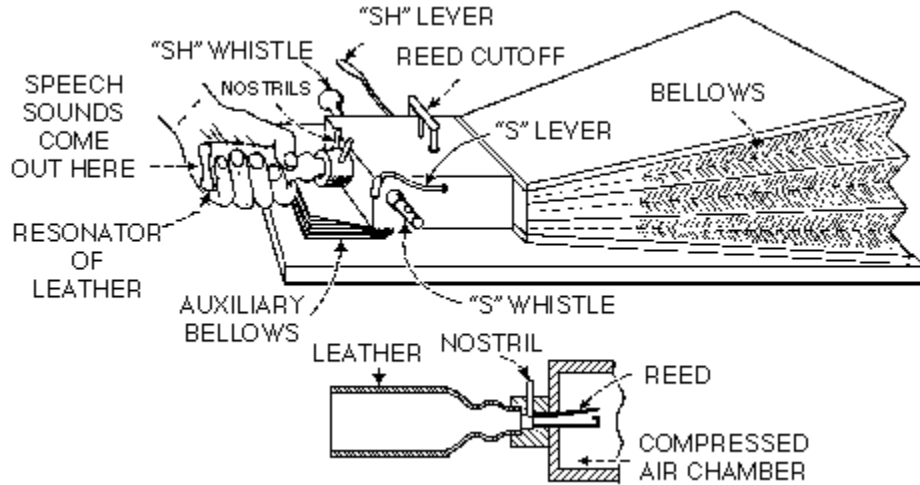
1791-இல் வோல்ஃப்காங்க் வோன் கெம்ப்ளென் (Wolfgang von Kempelen) “ஒலியியக்க எந்திரப் பேச்சு எந்திரம்” (Acoustic-Mechanical Speech Machine) என்பதை அறிமுகப்படுத்தினார். அது சில தனி ஒலிகளையும் ஒலிச் சேர்க்கைகளையும் உற்பத்தி செய்ய முடிந்தது.

வோல்ஃப்காங்க் வோன் கெம்ப்ளென் ஒலியியக்க எந்திர பேச்சு எந்திரம்



அதன்பின்னர் 1837-இல் சார்லஸ் வீட்ஸ்டோன் (Charles Wheatstone) என்பவர் வான் கெம்ப்ளெனின் மாதிரி அடிப்படையில் ஒரு பேசும் எந்திரத்தை உருவாக்கினார். இந்தப் பேச்சு எந்திர வகை உயிரொலிகளையும் பெரும்பாலான மெய்யொலிகளையும் உற்பத்தி செய்ய முடிந்தது; இது ஒலிச்சேர்க்கைகளையும் முழுச் சொற்களையும் உற்பத்தி செய்ய முடிந்தது.

வீட்ஸ்டோனின் பேசும் எந்திரம் (Wheatstone's speaking machine)



மின்னியல்சார் கூட்டிணைப்பாக்கக் கருவி (Electrical synthesis device) 1922-இல் உருவாக்கப்பட்டது. முதல் மின்னியல்சார் கூட்டிணைப்புக் கருவி ஸ்டேவார்ட் (Stewart) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இந்த எந்திரம் தனி நிலையான உயிரொலிகளை உற்பத்தி

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

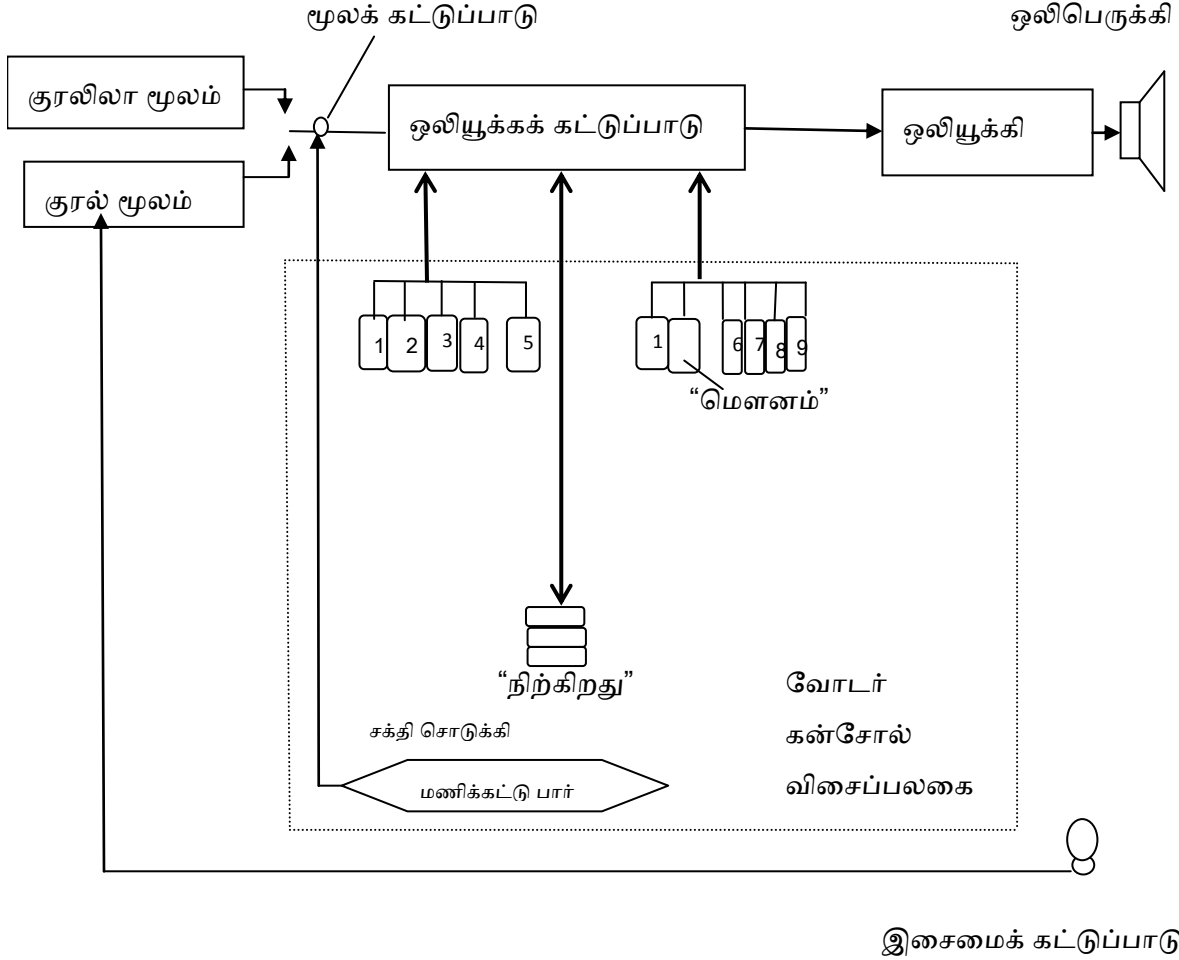
Prof. Rajendran Sankaraveleyuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

செய்தது; ஆனால் மெய்யொலிகளையும் கூற்றுக்களையும் உற்பத்தி செய்யவில்லை. 1932-இல் ஒபாட்டா (Obata), டெஷிமா (Teshima) என்ற ஜப்பனிய ஆய்வாளர்கள் உயிரொலிகளில் மூன்றாவது ஒலிச்செறிவைக் கண்டுபிடித்தனர். முதல் மூன்று ஒலிச்செறிவுகளும் பொதுவாகப் புரியத்தக்கப் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்குப் போதுமானதாகக் கருதப்பட்டது.

இருப்பினும் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பானாகக் (speech synthesizer) கருத்தப்பட்ட முதல் கருவி 1939-இல் ஹோமர் டட்லே (Homer Dudley) என்பவரால் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இந்தக் கருவி வோடர் (VODER – Voice Operating Demonstrator) என்று பெயரிடப்பட்டது. இது படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது விசைப்பலகையால் இயக்கப்படும் மின்னணுசார் பேச்சு ஆய்வியாகும்; கூட்டிணைப்பான் 1930களின் மையத்தில் பெல் லாபால் (Bell lab) உருவாக்கப்பட்டது. வோடரைப் பயன்படுத்துவது கடினம். மட்டுமன்றி இந்த இயந்திரத்தால் உற்பத்திசெய்யப்பட்ட பேச்சின் பண்பும் புரிதிறனும் நல்லதல்ல. இந்த ஒழுங்குமுறை செயற்கைப் பேச்சை உற்பத்தி செய்வதில் அதன் திறன் காரணமாகப் புகழ்பெற்றது.

வோடர் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பான் (VODER speech synthesizer)



இசைமைக் கட்டுப்பாடு

வோடரின் செய்முறை விளக்கத்திற்குப் பின்னர் அறிவியல் உலகம் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தில் அதிக விருப்பத்தைக் காட்டியது. வோடரின் அடிப்படை அமைப்பும் கருத்தும் பேச்சின் மூலம்-இறுப்பான்-மாதிரி (source-filter-model) தற்போதைய ஒழுங்குமுறைகள் போன்றதே. பிராங்கிளின் கூப்பர் (Franklin Cooper) மற்றும் அவர்தம் உதவியாளர்கள் 1951-இல் ஹாஸ்கின்ஸ் ஆய்வுக்கூடத்தில் (Haskins laboratory) அமைப்பொழுங்கு திருப்பி ஒலிக்கும் கூட்டிணைப்பானை (pattern playback synthesizer) உருவாக்கினர். இது பதிவுசெய்யப்பட்ட

நிறமாலை நிழற்பட/ஒலிவர்ணனைப்பட அமைப்பொழுங்கை மூல அல்லது மாற்றப்பட்ட வடிவில் ஒலிகளாகத் திரும்ப மாற்றியது. நிறமாலை நிழற்பட/ஒலிவர்ணனைப்பட அமைப்பொழுங்கு ஒளிப்புக்கவல்ல பெல்ட் மீது ஒளிசார்ந்ததாக/ஆப்டிக்கலாகப் பதிவிக்கப்படுகின்றது.

PAT (Pragmatic Artificial Talker) முதல் ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கி ஆகும்; இது வால்டர் லாரன்சால் (Walter Lawrence) 1953-இல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. பாட் இணையாக இணைக்கப்பட்ட மின்னணு ஒலிச்செறிவு ஒலியூக்கிகளைக் கொண்டிருக்கின்றது. உள்ளீட்டு குறிகை பஸ்-ஆகவோ இரைச்சலாகவோ (buzz or noise) இருக்கும். நகரக்கூடிய கண்ணாடி ஸ்லைடு (moving glass slide) மூன்று ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை (formant frequencies), குரல், அலைவீச்சு, அடிப்படை அதிர்வெண் (fundamental frequency), இரைச்சல் அலைவீச்சு (noise amplitude) இவற்றைக் கட்டுப்படுத்த ஆறு காலச் செயல்பாடுகளாக வர்ணம்பூசிய அமைப்பொழுங்குகளை மாற்றப் பயன்படுத்தினர். குன்னார் ஃபண்ட் (Kunnar Fant) 1950-இல் முதலில் ஒழுக்கு ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கி (cascade formant synthesizer) ஒவ் 1 (OVE I) (OVE- Orator Verbis Elecris) அறிமுகப்படுத்தினார்; இது ஒழுக்கில் இணைக்கப்பட்ட ஒலிச்செறிவு ஒலியூக்கிகளைக் கொண்டது. 1962-இல் ஃபாண்டும் மார்ட்டோனியும் (Fant and Martony) மேம்படுத்தப்பட்ட ஒவ் 2 (OVE II) கூட்டிணைப்பாக்கியை அறிமுகப்படுத்தினார்; இது உயிரொலிகள், மூக்கொலிகள், தடைமெய்யொலிகள் இவற்றிற்குப் பேச்சுக்குழலின் கடத்தல் செயல்பாட்டை மாதிரிப்படுத்தத் தனிப் பகுதிகளைக் கொண்டிருக்கின்றது. குரல், உயிர்ப்பு இரைச்சல், உராய்வு இரைச்சல் என்பன சாத்தியமான துண்டல்கள் ஆகும்.

பாட் மற்றும் ஒவ் (PAT and OVE) இவற்றை ஆய்ந்த பின்னர் ஜான் ஹோல்ம்ஸ் (John Holmes) 1972-இல் இணை ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கியை (paralle formant synthesizer) அறிமுகப்படுத்தினார். 1978-இல் ரிச்சர்ட் காக்கனான் (Richard Gagnon) மலிவான வோட்ராக்ஸ் அடிப்படையிலான டைப்-என்-டாக் ஒழுங்குமுறையை (Votrax-based Type-n-Talak system) அறிமுகப்படுத்தினார். 1982-இல் ஸ்டீட் எலக்ட்ரானிக்ஸ் (Street Electronics) எதிரொலி மலிவு ஒலியிருமை கூட்டிணைப்பாக்கியை (Echo low-cost diaphone synthesizer) அறிமுகப்படுத்தினார். தற்காலப் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத் தொழில்நுட்பங்கள் மிகச் சிக்கலான நவீனமான நெறிமுறைகளையும் வழிமுறைவரைவுகளையும் உள்ளடக்கியது. ஒன்றிணைப்பாக்கப் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம், ஹிட்டன் மார்க்கோவ் மாதிரிகள் (HMM models) அடிப்படையிலான

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankaraveleyuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

கூட்டிணைப்பாக்கம் என்பன அண்மையில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள தற்கால நெறிமுறைகள் ஆகும்.

4.4. பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக அணுகுமுறைகள்

பேச்சு மனிதவினம் ஒருவருக்கொருவர் கருத்துக்களைப் பரிமாறிக்கொள்ளும் இயற்கையான முறையாகும். பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்கையாக, குறிப்பாகக் கணினியைப் பயன்படுத்திப் பேச்சைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யும் செயல்முறையாகும். மனிதப் பேச்சை பாவிக்கும்/போலச்செய்யும் ஒலி உருவாக்கம் கீழ் மட்டக் கூட்டிணைப்பாக்கம் என்று கூறப்படுகின்றது. மேல்மட்ட கூட்டிணைப்பாக்கம் எழுதப்பட்ட உரையை/பனுவலை அல்லது குறியீடுகளைக் கீழ்மட்ட உருவாக்க ஒழுங்குமுறையை இயக்கப் பொருத்தமான விருப்பப்பட்ட ஒலியியக்கக் குறியீடுகளின் அருவ உருப்படுத்தமாக மாற்றுவதை விளக்குகின்றது. உற்பத்தியின் நெறிமுறைகளின் அடிப்படையில் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தை நான்கு முக்கியமான வகைப்பாடுகளாக வகைப்படுத்தலாம்.

1. ஒலிப்பியல் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Articulatory synthesis)
2. ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் (Formant synthesis)
3. இணைப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம் (Concatenative synthesis)
4. எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம் (HMM based synthesis)

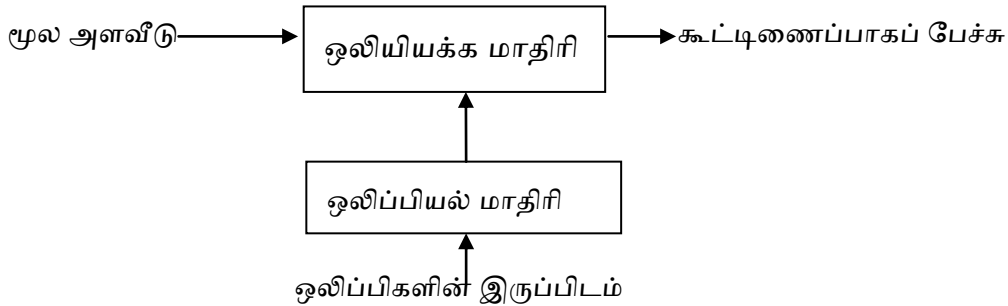
4.4.1. ஒலிப்பியல்சார் கூட்டிணைப்பாக்கம்

பேச்சுக் குழாயின் மாதிரியைப் பயன்படுத்தி பேச்சு ஒலிகளை உற்பத்திசெய்வது ஒலிப்பியல் சார் கூட்டிணைப்பாக்கம் (articulatory synthesis) ஆகும்; இது நேரடியாகவோ மறைமுகமாகவோ பேச்சு ஒலிப்பிகளின் இயக்கத்தை ஊக்குவிக்கின்றது. பேச்சுக்குழாயின் வடிவத்தைப் பல வழிகளில் கட்டுப்படுத்த இயலும்; இது நாக்கு, தாடை, உதடுகள் போன்ற பேச்சு ஒலிப்பிகளின் இருப்பை மாற்றுவதை உட்படுத்தும். பேச்சுக்குழாயின் உருப்படுத்தம் வழி காற்றின் ஓட்டத்தை டிஜிட்டலாக போலச்செய்வதால்/பாவிப்பதால் பேச்சு உருவாக்கப் படுகின்றது. ஒலிப்பியல்சார் கூட்டிணைப்பாக்கத்தில் இணை ஒலிப்பு விளைவுகள் இயற்கையாக வருகின்றது. குரல்வளைசார் மூலப் பண்புக்கூறுகள், பேச்சுக்குழாய் மற்றும் குரல்வளை மடல்கள் இவற்றிற்கிடையேயுள்ள ஊடாட்டம், துணை குரல்வளைசார் ஒழுங்குமுறையின் பங்களிப்பு

மற்றும் மூக்குக் குழாய் மற்றும் மூக்குத் துளைகள் (sinus cavities) இவற்றுடன் இதைச் சரியாகக் கையாள இயலும்.

ஒலிப்பியல்சார் உருவாக்கம் படத்தில் காட்டியுள்ளது போன்று இரு மதிரிகளை இணைக்கின்றது. ஒலிப்பியல் மாதிரியில் பேச்சுக் குழல் பல சிறிய பகுதிகளாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளது மற்றும் தொடர்புடைய குறுக்கு வெட்டுப் பகுதிகள் (cross-sectional areas) பேச்சுக் குழாய்ப் சிறப்புப் பண்புகளை உருப்படுத்தம் செய்வதற்கு அளவீடுகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஒலியியக்கவியல் மாதிரியில் ஒவ்வொரு குறுக்கீடான பரப்புகளும் மின்சார அனலாக் கடத்து லைனால் (electrical analog transmission line) தோராயமாக்கப்பட்டுள்ளது.

கீழே தரப்பட்டுள்ள ஒலிப்பியல் சார் மாதிரி பேச்சு உற்பத்தியின் முக்கியமான கூறுகளை உருப்படுத்தம் செய்கின்றது; இது தனது எல்லைகளை முறையே குரல்வளையிலும் வாயிலும் இடமாகக் கொண்ட ஒலியியக்கக் குழாயின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பின் வேறுபாட்டைப் பிரதிபலிக்கும் பரப்புச் செயல்பாட்டின் கணிப்பு அதன்முக்கிய நோக்கமாகும்.



பேச்சுக்குழாயின் ஜியாமண்டரிக் பரப்பு (geometric area) ஒலிப்பைப் பற்றிய நமது புரிந்துகொள்ளலுக்கு முக்கியமாகும் மற்றும் அது பேச்சு உருவாக்கத்திற்கு முக்கியக் காரணியாகும். பேச்சு உருவாக்கத்தின் ஒலியியக்கக் கோட்பாடு அடிப்படையில் சீரற்ற மற்றும் கால மாறுபாட்டுடைய குறுக்குவெட்டுப் பரப்புகள் மனிதப் பேச்சுக் குழாயை ஒரு ஒலியக்கக் குழாயாக (acoustic tube) மாதிரியாக்கம் செய்ய இயலும். வேறுபட்ட மொழி ஒலிகளை உற்பத்தி

செய்ய அது கிளர்ச்சி மூலத்தை (excitation source) ஒழுங்குபடுத்துகிறது. ஒலிப்பு இடங்கள் குறிப்பிடப்பட்டுவிட்டால் குறுக்குவெட்டுப் பரப்புகள் பேச்சுக்குழாய் எல்லைக்கோட்டின் மீது ஒரு சல்லடை அமைப்பை (grid structure) ஒன்றின் மேல் ஒன்றாக வைப்பதால் கணிக்கப்படுகின்றது. இந்த சல்லடைக் கோடுகள் (grid lines) ஒலிப்பிகளின் இருப்பிடம் அடிப்படையில் வேறுபடுகின்றது (அவைகள் மெர்மெல்ஸ்டென் மாதிரியில் (Mermelstein's model) நிறுவப்படுகின்றது). மொத்தம் 60 பகுதிகள், பேச்சுக்குழாய்க்கு 59 பகுதிகள் மற்றும் நமது மாதிரியில் பயன்படுத்தப்படும் குரல்வளையின் வெளியேற்றும் வழிக்கு ஒரு பகுதி (நிலையான நீளம் மற்றும் பரப்பு) நமது மாதிரியில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அம்புவடிவ தூரம் (sagittal distance) பின்வய-மேல்வய மற்றும் முன்வய-கீழ்வய வெளிஎல்லைக் கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள சல்லடைக் கோடு பகுதியாக வரையறை விளக்கம் செய்யப்படுகின்றது.

பேச்சுக்குழாயின் மையக்கோடு பக்கத்திலுள்ள சல்லடைக் கோடுகளின் மையப் புள்ளிகளை இணைப்பதால் உருவாக்கப்படுகின்றது. மையக் கோட்டின் நீளம் பேச்சுக்குழாயின் நீளத்திற்குச் சமமானதாகக் கருதப்படுகின்றது. அம்புவடிவ தூரம் இறுதியில் அனுபவாத சூத்திரங்களால் (empiric formulas) குறுக்குவெட்டு பரப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றது. பேச்சு உற்பத்தியின் ஒலியியக்கக் கோட்பாடு அடிப்படையில் நாம் தரப்பட்ட பேச்சுக்குழல் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிலிருந்து ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களைக் கணிக்க இயலும். தரப்பட்ட பேச்சுக்குழலின் ஒலியியக்கவியல் மாற்றச் செயல்பாட்டைக் கணிப்பதிலிருந்து ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை ஆக்கக்கூறுகளாகப் பிரிப்பது எளிது. பேச்சுக்குழல் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு பேச்சுக் குறிகளைப் பற்றிய ஒலியியக்கவியல் தகவல்களைத் (ஒலிச்செறிவு நிகழ்வெண்களை) தருகின்றது. இறுதியாக நாம் அதைக் கட்டுப்பாடுகளுடன் கூடிய பல்பரிமாண வரிசையல்லாத உத்தமமாக்கச் சிக்கலாகக் (multi dimensional nonlinear optimization problem) கருதுகின்றோம் மற்றும் உத்தம ஒலிப்பு வெக்டாராகக் (optimum articulatory vector) கணிக்கின்றோம்.

மனிதப் பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் ஒலியியக்க மாதிரி பல துணைமாதிரிகளைக் கொண்டுள்ளது. பேச்சுக்குழல் மற்றும் மூக்குக்குழல் மாதிரிகள் (vocal tract and nasal tract models) இந்தக் குழல்களில் ஓசை பரவலைப் பாவிக்கின்றது. கிளர்வுறல் மூல மாதிரி பேச்சுக்குழலுக்கு குரல் கிளர்வுறல் அலைவடிவுகளை (voice excitation waveforms) உருவாக்குகின்றது. உரசொலிகள் மற்றும் அடைப்பொலிகளுக்குரிய இடுக்குகளில் கிளர்ந்தெழும்

காற்றொழுக்கு ஓசை மூலத்தால் உருவாக்கப்படுகின்றது. பரவல் மாதிரி (radiation model) உதடுகளிலிருந்தும் மூக்குத்துவாரங்களிலிருந்தும் பரவும் ஒலியியக்கச் சக்தியைப் பாவிக்கின்றது. பேச்சுக்குழல், எலும்பு உட்புழைகளுடன் கூடிய மூக்குக் குழல், குரல்வளை தடை, துணைக் குரல்வளை குழல், கிளர்தல் மூலம், மற்றும் கிளர்தல் இரைச்சல் மூலம் இவற்றை உட்படுத்தும் பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் கடத்தல்-கோடு சுற்று மாதிரி (transmission-line circuit model) உருவாக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பேச்சுக் குழல் துணை ஒழுங்கமைப்பின் ஒலியியக்க மாதிரியும் ஆயப்படுகிறது.

ஒரு நடைமுறை ஒலிப்பு கூட்டிணைப்பாக்கி (practical articulatory synthesizer) போச்சுக்குழல், எலும்பு உட்புழைகளுடன் கூடிய மூக்குக் குழல், குரல்வளைத் தடைகள், துணை குரல்வளை ஒழுங்குமுறை, கிளர்வுறல் மூலம், கிளர்தல் ஓசை மூலம் இவற்றை உட்படுத்தும். பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் ஒலியியக்க சமன்பாடுகள் பரிந்துரைக்கப்பட்ட ஒலிப்பு கூட்டிணைப்பாக்கிக்கு வேண்டி உருவாக்கப்படுகின்றது. காலப்புல அணுகுமுறை (time-domain approach) பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் இயக்கப் பண்புக்கூறுகளைப் பாவிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பேச்சுக் குழல் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு அல்லது ஒலிப்பு அளகைகள் (articulatory parameters), நேர்கோட்டு அல்லது ஆர்க் டான் செயல்பாட்டைப் (arc tan function) பயன்படுத்தி இரு அடுத்தடுத்த சட்டங்களுக்கு இடையில் செருகப்படுகின்றது. முறையாகத் திட்டமிடப்பட்ட ஒலிப்பு உருவாக்கிகள் உரசொலிகள் மற்றும் அடைப்பொலிகளின் எல்லா இயல்பான தேவையான விளைவுகளை மீள்ருவாக்கம் செய்யவும் உண்மையான பேச்சு உருவாக்கத்தில் நிகழும் பௌதிகச் செயல்பாடுகளை ஒக்கும் விதத்தில் இணை ஒலிப்பு மாற்றங்களையும் மூலக் குழாய் ஊடாட்டத்தையும் மாதிரிப்படுத்த இயலும்.

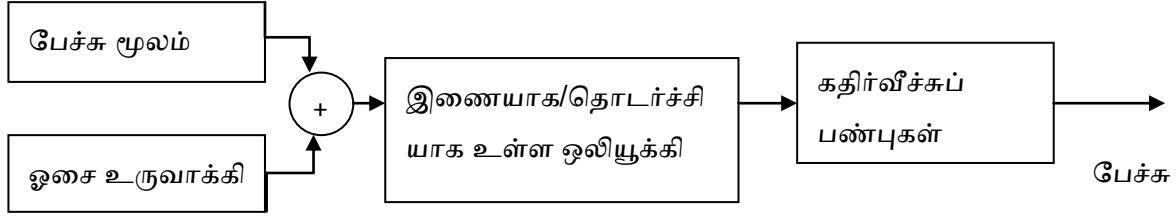
4.4.2 ஒலிச்செறிவுக் கூட்டிணைப்பாக்கம்

ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் (formant synthesis) ஒட்டநேரத்தில் மனிதப் பேச்சு மாதிரிகளைப் பயன்படுத்துவதில்லை. மாறாக ஒலியியக்க மாதிரிகளைப் பயன்படுத்தி வெளியீடு கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யப்பட்ட பேச்சு (output synthesized speech) உருவாக்கப்படுகின்றது. அடிப்படை நிகழ்வெண், குரல்படுத்தல் (voicing), இரைச்சல் நிலைகள் (noise levels) போன்ற அளகைகள் செயற்கைப்பேசின் அலைவடிவை உருவாக்கும் படி கால அடிப்படையில்

மாற்றப்படுகின்றது. இந்த அணுகுமுறை சிலவேளைகளில் விதி அடிப்படையிலான உருவாக்கம் (rule-based synthesis) என்று அழைக்கப்படுகின்றது; இருப்பினும் சிலர் பல ஒன்றிணைக்கும் ஒழுங்குமுறைகள் ஒழுங்குமுறையின் சில பகுதிகளுக்கு விதி அடிப்படையிலான உட்கூறுகளை/பகுதிகளை பயன்படுத்துகின்றன என்று வாதிகின்றனர்,

ஒலிச்செறிவு உருவாக்கத் தொழில்நுட்பம் அடிப்படையிலான பல ஒழுங்குமுறைகள் கீழ்வரும் படத்தில் காட்டியுள்ளது போல் செயற்கையான, ரபோட்டிக் ஓசைப் பேச்சு மற்றும் வெளியீட்டை உருவாக்குகின்றது; இருப்பினும் அதிக இயற்கைத்தன்மை பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறையின் (speech synthesis system) இலக்கு அல்ல; ஒலிச்செறிவு ஒழுங்குமுறைகள் (formant synthesis systems) ஒன்றிணைக்கும் ஒழுங்குமுறைகளைவிட (concatenative systems) சில அணுகூலங்களைக் கொண்டுள்ளன.

ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யப்பட்ட பேச்சு மிக அதிக வேகத்திலும் ஒன்றிணைப்பு ஒழுங்குமுறைகளைச் சிதைக்கும் ஒலியியக்கத் தடுமாற்றத்தை விலக்குவதால் நம்பகமான அளவில் புரியக்கூடியது. இரண்டாவது ஒலிச்செறிவுக் கூட்டிணைப்பாக்கிகள் ஒன்றிணைப்பு ஒழுங்குமுறைகளைவிட பெரும்பான்மையும் குறைந்த வழியமைப்புவரைவுகள் கொண்டது; ஏனென்றால் அவை பேச்சு மாதிரிகளின் தரவு அடிதளத்தைக் கொண்டிருக்கவில்லை. நினைவக இடம், ஆய்வு ஆற்றல் பெரும்பான்மையும் அரிதாக இருக்கிற உட்படு கணிப்புச் சூழல்களிலும் (embedded computing situations) அவற்றைப் பயன்படுத்த இயலும். இறுதியாக ஒலிச்செறிவு அடிப்படை ஒழுங்குமுறைகள் வெளியீட்டுப் பேச்சின் எல்லா நோக்குகளுடனும் முழுக் கட்டுப்பாடு கொண்டிருப்பதன் காரணமாகக் கேள்விகளையும் கூற்றுகளையும் மட்டுமல்லாமல் பலவகை உணர்ச்சிகளையும் பேச்சின் சுரங்களையும் வெளிப்படுத்தும் மீக்கூறு அல்லது இசையோட்டத்தின் அதிக வகைகள் வெளியீடாக இருக்கவியலும்.



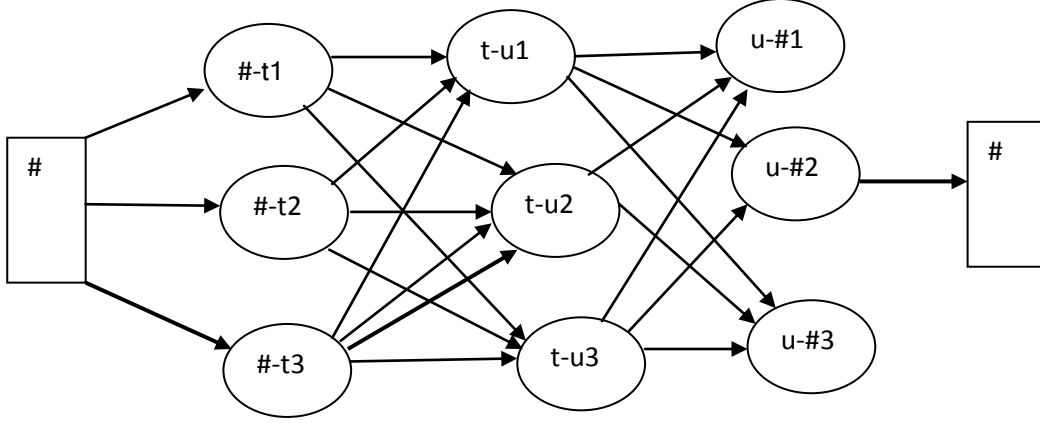
4.4.3 ஒன்றிணைப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம்

ஒன்றிணைப்புப் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கம் (concatenative synthesis) இயல்பான பேச்சிலிருந்து ஆக்கப்பட்ட வேறுபட்ட நீளமுள்ள ஏற்கனவே பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சு அலகுகளைப் பயன்படுத்தும் செயல்பாடாகும். ஒன்றிணைப்பு உருவாக்கத்தில் முன்பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சின் தரவுகளத்திலிருந்து உள்ள பேச்சுக் கூறுகள் ஒன்றிணைக்கப்படும். ஒன்றிணைப்பு பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்க நுட்பங்கள் மூலம் பல வெற்றிகரமான ஒழுங்குமுறைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இருப்பினும் ஒன்றிணைப்பாக்கத்தில் பல சிக்கல் உள்ளன. அதிக அளவு இயற்கைத்தன்மையான ஒலிகளை உருவாக்கவேண்டி அவைகள் கவனத்தில் கொள்ளப்படவேண்டும். சில சிக்கல்கள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.

1. உருவாக்கப்பட்ட பேச்சில் இணைக்கப்படும் இடங்களில் தொடர்ச்சி இல்லாமை.
2. குறிப்பாக அசைகள், சொற்கள் போன்ற நீண்ட ஒன்றிணைப்பு அலகுகள் பயன்படுத்தப்படும்போது நினைவகத் தேவை பெரும்பான்மையும் அதிகமாகும்.
3. தரவைச் சேகரிப்பதற்கும் அடையாளப்படுத்துவதற்கும் பெரும்பான்மையும் காலம் அதிகமாகத் தேவைப்படும்.
4. வெளியீட்டுப் பேச்சு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட தரவு அடித்தளத்தை அதிகமாகச் சார்ந்து அமையும்.

கோட்பாட்டு அடிப்படையில் எல்லா சாத்தியமான மாற்றொலிகளும் உட்படுத்தப்படவேண்டும்; இருப்பினும் தரத்திற்கும் மாதிரிகளின் எண்ணிக்கைகளுக்கும் இடையில் சலுகைகள் செய்துகொள்ளவேண்டும். ஒன்றிணைக்கப்படவேண்டிய பேச்சு அலகுகள் பதிவுசெய்யப்பட்ட ஒலியின் வேறுபட்ட இடங்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுவதால் ஒலியைப் பதிவு செய்யும் போது எப்போதும் இசைமை ஒன்றுபோல் இருக்க இயலாததாலும் வேறுபட்ட சொற்கள் வேறுபட்ட இசைமகளைக் கொண்டிருப்பதாலும் ஒன்றிணைக்கும் இடங்களில் தொடர்ச்சி இன்மை ஏற்படுகின்றது. இயல்பான ஒலியைப் பெறுவதற்காக இணைக்கப்படும் இடங்கள் அகற்றப்படவேண்டும்; இணைக்கப்படும் இரண்டு பேச்சு அலகுகளின் இசைமையைச் சமன்படுத்தி இதைச் செய்யவியலும்.

இந்தச் செயல்பாட்டில் நாம் தேவைப்படும் கூற்றுக்களை உருவாக்குவதற்காக முன்ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பேச்சின் கூறுகளைத் தெரிந்தெடுத்து ஒன்றோடு ஒன்று இணைக்கின்ற காரணத்தால் பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள ஒன்றிணைப்பு உருவாக்கம் வெட்டி ஒட்டும் கூட்டிணைப்பாக்கம் (cut and paste synthesis) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றது. இந்தச் செயல்பாட்டில் நாம் தேவைப்படும் கூற்றுக்களை உருவாக்குவதற்காக முன்ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பேச்சின் கூறுகளைத் தெரிந்தெடுத்து ஒன்றோடு ஒன்று இணைக்கின்றோம்.



ஒலிப்பதிவு செய்வதற்குப் பொதுவான தேர்வு ஒலியன்களும் ஒலியிருமைகளும் (diphones) ஆகும்; ஏனென்றால் அவைகள் போதுமான நெகிழ்வு பெறுவதற்கு வேண்டியும் நினைவகத் தேவைகளைப் போதுமான அளவுக்கு வைப்பதற்கு வேண்டியும் குறுகி உள்ளன. பல காரணங்களால் அசைகள் அல்லது சொற்கள் போன்ற நீண்ட அலகுகளைப் பயன்படுத்துவது சாத்தியமில்லாதது மற்றும் நடைமுறைப் படுத்த இயலாதது ஆகும். ஒன்றிணைப்புகளில் ஒலியிருமைகளைப் (diaphones) பயன்படுத்துவது ஒலிப்புகளைக் கையாள நல்ல சாத்தியங்களைத் தருகின்றது; ஏனென்றால் ஒலியிருமைகள் ஒரு ஒலியனிலிருந்து மற்றொரு ஒலியனுக்கு மாறுவதையும் மற்றும் முதல் ஒலியனின் பின் பகுதியையும் இரண்டாம் ஒலியனின் முன் பகுதியையும் கொண்டிருக்கின்றது. இதன் விளைவாக ஒன்றிணைப்பு இடம் ஒவ்வொரு ஒலியனின் மையத்திலும் இடங்காணப்படும் மற்றும் இது ஒலியனின் நிலையான இடமாக இருப்பதன் காரணமாக எல்லைகளில் ஏற்படும் வேறுபாட்டின் அளவு குறைவதை எதிர்பார்க்க இயலும். ஒரு தரவு அடித்தளத்தின் வேறுபட்ட ஒலியன்களின் எண்ணிக்கை கிட்டத்தட்ட 40-இலிருந்து 50-க்குள் இருக்கையில் பொருத்தமுள்ள ஒலியிருமைகளின் எண்ணிக்கை இயல்பாக 1500-இலிருந்து 2000 வரைக்கும் இருக்கும்; இருப்பினும் இந்த அளவு தரவு அடித்தளத்தைக் கொண்ட கூட்டிணைப்பாக்கி பொதுவாகச் செயல்முறைப்படுத்தத் தக்கதாகும்.

பொதுவாக ஒருங்கிணைப்பாக்கம் மிக இயற்கையான உருவாக்கப்பட்ட பேச்சை உருவாக்கும். இருப்பினும் பேச்சில் உள்ள இயற்கையான வேறுபாடுகளுக்கும்

அலைவடிவுகளைக் கூறிடுவதற்கான தானியக்கமான நுட்பங்களின் இயல்புக்கும் இடையிலான வேறுபாடுகள் வெளியீட்டில் கேட்கத்தக்க தடுமாற்றத்தில் விளையும். ஒன்றிணைப்பாகத்தின் மூன்று முக்கியத் துணை வகைகள் உள்ளன.

4.4.4 அலகுத் தேர்வு கூட்டிணைப்பாக்கம்

அலகுத் தேர்வு கூட்டிணைப்பாக்கம் (unit-selection synthesis) பதிவு செய்யப்பட்ட பேச்சின் பெரிய தரவு அடித்தளங்களைப் பயன்படுத்துகின்றது. தரவு அடித்தள உருவாக்கத்தின் போது ஒவ்வொரு பதிவுசெய்யப்பட்ட கூற்றும் பின்வருவனவற்றின் சிலவாக அல்லது எல்லாமாகக் கூறிடப்படும்: தனிப்பட்ட ஒலிகள், ஒலியிருமைகள், அரையொலிகள், அசைகள், உருபங்கள், தொடர்கள், மற்றும் வாக்கியங்கள். இயல்பாகக் கூறுகளாக்கும் பகுப்பு சிறப்பாக மாற்றப்பட்ட ஒரு பேச்சுப் புரிவான் குழுமத்தைப் பயன்படுத்தி அலைவடிவம், நிறமாலை நிழற்படம்/ஒலியியக்க வர்ணனைப்படம் போன்ற காட்சி உருப்படுத்தங்களைப் பயன்படுத்தி பின்னர் சில கையாலான திருத்தங்களுடன் ஒரு “கட்டாயப்படுத்தப்பட்ட வரிசையாக்க” முறைக்குச் செய்யப்படுகின்றது. பேச்சு தரவு அடித்தளத்தில் அலகுகளின் சொல்லடைவு, பகுப்பு மற்றும் அடிப்படை நிகழ்வெண் (இசைமை), காலம், அசையில் இருப்பிடம், அடுத்துவரும் ஒலிகள் போன்ற ஒலியியக்க அளகைகளின் அடிப்படையில் உருவாக்கப்படுகின்றது. வழிமுறைவரைவு இயக்கக் காலகட்டத்தில் (runtime) விரும்பப்பட்ட இலக்குக் கூற்று தரவு அடித்தளத்திலிருந்து தேர்வை நாடும் அலகுகளின் நற் தொடர்ச்சியியை உறுதிசெய்வதால் உருவாக்கப்படுகின்றது. இந்தச் செயல்பாடு சிறப்பாக மதிப்பீடுசெய்யப்பட்ட தீர்மானக் கிளையமைப்பைப் பயன்படுத்தி வழக்கமாகச் சாதித்துக்காட்டப்படுகின்றது.

அலகுத் தேர்வு பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சுக்கு இலக்கவெண்ணியல்/டிஜிட்டல் குறிகை/சமிக்கைப் பகுப்பாய்வின் (digital signal processing) குறைந்த அளவையே பயன்படுத்துவதன் காரணமாக அதிக இயற்கைத்தன்மையை வழங்குகின்றது. இலக்கவெண்ணியல் குறிகைப் பகுப்பாய்வு பெரும்பான்மையும் பதிவுசெய்யப்பட்ட பேச்சை குறைந்த அளவு இயல்பானதாகச் செய்கின்றது; சில ஒழுங்குமுறைகள் அலைவடிவை நேர்த்திசெய்ய ஒன்றிணைக்கும் இடத்தில் குறிகைப் பகுப்பாய்வின் குறைந்த அளவையே பயன்படுத்துகின்றன. நல் அலகுத்தேர்வு ஒழுங்குமுறைகளின் (best unit selection systems)

வெளியீடு முக்கியமாகப் பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை ஒத்திசைவு செய்யப்பட்ட சூழல்களில் பெரும்பான்மையும் உண்மையான மனிதக் குரல்களிலிருந்து வேறுபடுத்த இயலாதனவாய் உள்ளன. இருப்பினும் அதிகப்படியான இயற்கைத்தன்மை இயல்பாக அலகுத் தேர்வு பேச்சுத் தரவு அடித்தளத்தளங்களை மிகப் பெரிதாக வேண்டுகின்றது; சில ஒழுங்குமுறைகளில் பேசின் நீண்ட மணிநேரங்களை உருப்படுத்தம் செய்யும் கிகாபைட் அளவிலான பதிவு செய்யப்பட்ட தரவை வேண்டும். மேலும் தரவு அடித்தளத்தில் நற் தேர்வு சாத்தியம் இருந்தபோதிலும் குறைந்த பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தை விளைவிக்கும் கூறுகளையே தேர்வுசெய்யும் வழக்கத்திற்கு அலகுத் தேர்வு வழிமுறை வரைவுகள் (unit selection algorithms) அறியப்படுவன ஆகும்.

4.4.5 ஒலியிருமை கூட்டிணைப்பாக்கம் (Diaphone synthesis)

ஒலியிருமைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Diaphone synthesis) மொழியில் நேரும் எல்லா ஒலியிருமைகளையும் கொண்டிருக்கும் குறைந்த அளவிலான பேச்சுத் தரவு அடித்தளத்தைப் பயன்படுத்துகின்றது. ஒலியிருமைகளின் எண்ணிக்கை மொழியின் ஒலியன் வரன்முறையை (phonotactics) பொறுத்து அமையும். ஒலியிருமைக் கூட்டிணைப்பு உருவாக்கத்தில் ஒவ்வொரு ஒலியிருமைக்கும் ஒரேயொரு எடுத்துக்காட்டுதான் பேச்சுத் தரவு அடித்தளத்தில் இருக்கும். வழியமைப்பு இயக்கக் காலகட்டத்தில் ஒரு வாக்கியத்தின் இலக்கு மீக்கூறு இலக்கவெண்ணியல் குறிகை பகுப்பாய்வு நுட்பங்களின் மூலம் இந்தக் குறைந்த அலகுகள் மீது சுமத்தப்படும். விளைவிக்கப்படும் பேச்சு அலகுத்தேர்வு ஒழுங்குமுறைகளைக் காட்டிலும் பொதுவாக மோசமானதாக இருக்கும்; ஆனால் ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கிகளின் வெளியீட்டைக் காட்டிலும் அதிக இயல்பானதாக இருக்கும். ஒலியிருமை கூட்டிணைப்பாகம் ஒன்றிணைப்பு கூட்டிணைப்பாகத்தின் ஒலிசார் தடுமாற்றங்களாலும் ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் செயற்கை ஒலிப்பு இயல்பாலும் குறையுற்றிருக்கும்; சிறிய அளவு என்பதைத் தவிர இவ்விரு அணுகுமுறைகளிலிருந்தும் குறைந்த அளவு அனுகூலங்களையே கொண்டுள்ளது. எனவே இதன் வணிகவயமான பயன்பாடுகள் குறைகின்றன; இருப்பினும் பல மென்பொருள் நடைமுறைப்படுத்தல்கள் இலவசமாகக் கிடைப்பதன் காரணமாக இது தொடர்ந்து ஆய்வில் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றது.

4.4.6 பொருண்மைக்களச் சிறப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Domain-specific synthesis)

பொருண்மைக்களச் சிறப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம் (Domain-specific synthesis) முழு கூற்றையும் உருவாக்க முன் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்ட சொற்களையும் தொடர்களையும் ஒன்றிணைக்கின்றது. இது பயணக் கால அட்டவணை அறிவிப்புகள் அல்லது வானிலை அறிக்கைகள் போன்ற ஒரு குறிப்பிட்ட பொருண்மைக் களத்தை எல்லைப்படுத்தும் வெளியீடுகளின் பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இத்தொழில் நுட்பம் நடைமுறை படுத்துவதற்கு எளியது மற்றும் பேசும் கடிகாரங்கள் கணிப்பான்கள் போன்ற கருவிகளில் நீண்டகால வணிகப் பயன்பாடு கொண்டுள்ளது. வாக்கிய வகைகள் எல்லைக்குட்பட்டு இருப்பதாலும் மற்றும் அவை மூல ஒலிப்பதிவுகளின் மீக்கூறு மற்றும் இசையோட்டத்துடன் நெருக்கமாகப் பொருந்துவதாலும் இவ்வொழுங்கமைப்புகளின் இயற்கைத்தன்மை நிலை மிகவும் உயர்ந்ததாய் இருக்க இயலும்.

இவ்வொழுங்கமைப்புகள் அவற்றின் தரவு அடித்தளங்களில் சொற்கள் மற்றும் தொடர்களால் எல்லைப்படுத்தப்பட்டுள்ளதாலும் அவை பொது நோக்கத்திற்கு உகந்ததல்ல மற்றும் அவை முன் வழியமைப்பு செய்யப்பட்ட சொற்கள் மற்றும் தொடர்களின் ஒன்றிணைப்புகளை மட்டுமே கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் செய்ய இயலும்.

4.4.7 எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் (HMM based synthesis)

எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்க அணுகுமுறை (HMM based synthesis) ஹிட்டன் மார்க்கோவ் மாதிரிகள் அடிப்படையிலானது. இந்த ஒழுங்குமுறையில் நிகழ்வெண் நிறமாலை/அலைமாலை (பேச்சுக் குழாய்), அடிப்படை நிகழ்வெண் (பேசு மூலம்), பேச்சின் கால அளவு (மீக்கூறு) என்பன எச்.எம்.எம்.களால் ஒரே நேரத்தில் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. பேச்சு அலைகள் கூடுதல் சாத்திய அளவீடு (maximum likelihood criterion) அடிப்படையில் உருவாக்கப்படுகின்றது.

இவ்வொழுங்கமைப்பு இரண்டு நிலைகளைக் கொண்டுள்ளது: பயிற்சி நிலை, (training stage) கூட்டிணைப்பாக்கம் (சோதனை) (testing). பயிற்சி நிலையில் ஒலியன் எச்.எம்.எம்.கள் பேச்சு தரவு அடித்தளத்தைப் பயன்படுத்திப் பயிற்சி செய்யப்படுகின்றது. நிறமாலை/அலைமாலை

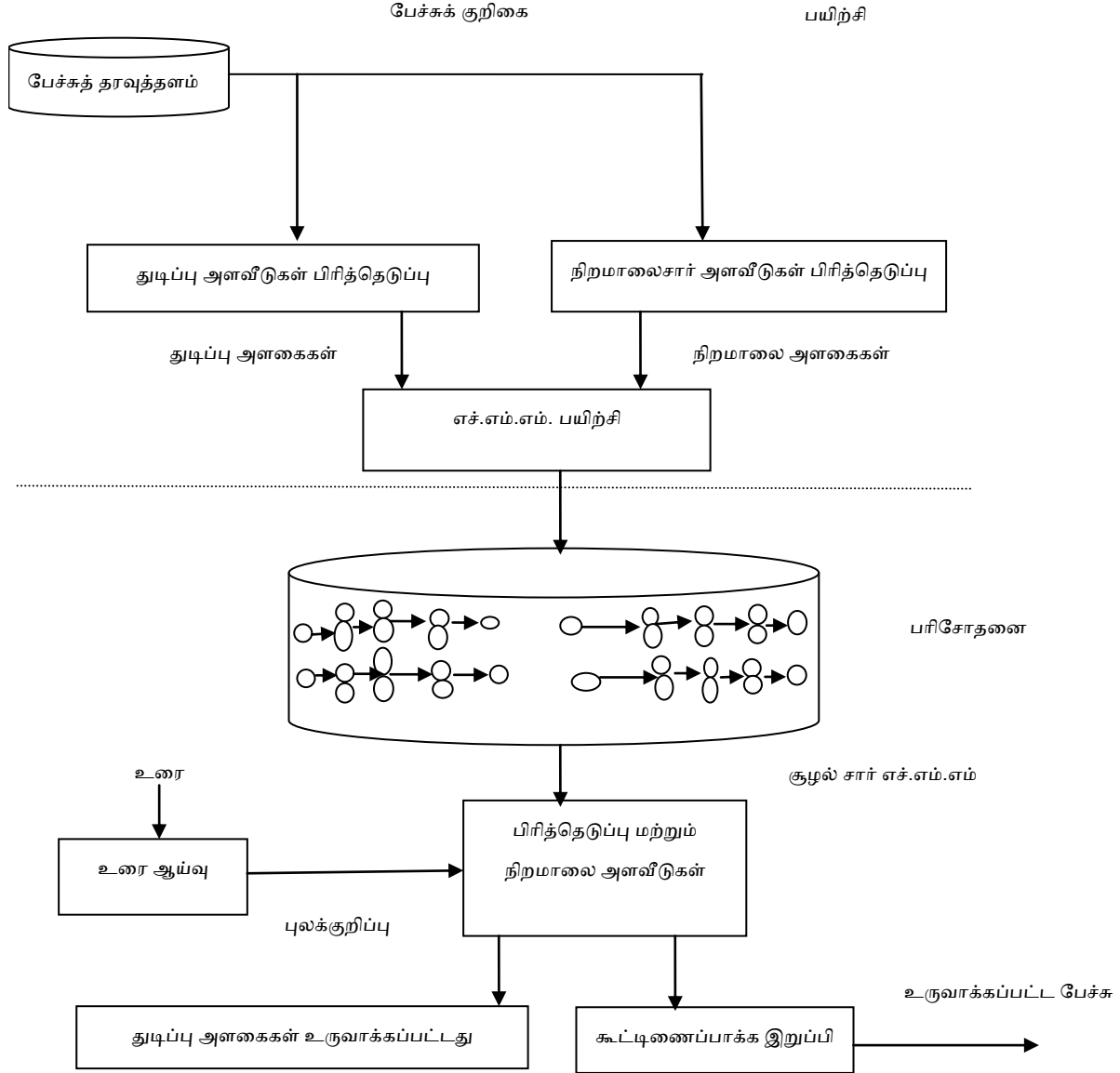
(spectrum), அடிப்படை நிகழ்வெண் (F0) என்பன பல்லொழுக்கு எச்.எம்.எம்.களால் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன; இதில் நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 பகுதிகளுக்கு வெளியீட்டு வினியோகங்கள் (output distributions) முறையே தொடர்ச்சியான நிகழ்வுத்தகவு வினியோகம் (continuous probability distribution) மற்றும் பல் இடைவெளி நிகழ்வுத்தகவு விநியோகம் (multi-space probability distribution) இவற்றைப் பயன்படுத்தி மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன

நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 இவற்றின் வேறுபாடுகளை மாதிரிப்படுத்த ஒலியியல், மீக்கூறு, ஒலியன் அடையாளக் காரணிகள், அழுத்தம் தொடர்பான காரணிகள், இடம்சார் காரணிகள் போன்ற மொழிச் சூழல் காரணிகள் கருத்தில் கொள்ளப்படுகின்றன. பின்னர் தீர்மானக் கிளை அடிப்படையிலான சூழல் கொத்தாக்க நுட்பம் (decision tree based context clustering technique) சூழல் சார் ஒலியன் எச்.எச்.எம்.களின் நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 பகுதிகளுக்குத் தனித்தனியாக பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இறுதியாக நிலை கால அளவுகள் பல்பரிமாண காசியன் வினியோகங்களால் (multi-dimensional Gaussian distributions) மாதிரிப்படுத்தப்படுகின்றது மற்றும் நிலைக் கொத்தாக்க நுட்பம் (state clustering technique) கால அளவு மாதிரிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எச்.எம்.எம். இன் கட்டு வரைபடம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

கூட்டிணைப்பாக்க (பரிசோதனை) நிலையில் தரப்பட்ட ஒரு பனுவல் சூழல் சார் ஒலியன் புலக்குறிப்பு தொடர்ச்சியாக மாற்றப்படுகின்றது. புலக்குறிப்புத் தொடர்ச்சி அடிப்படையில் ஒரு வக்கியம் எச்.எம்.எம். சூழல்சார் ஒலியன் எச்.எச்.எம்.களை ஒன்றிணைப்பதால் உருவாக்கப்படுகின்றது. ஒலியன் கால அளவுகள் நிலை கால அளவு வினியோகங்களைப் பயன்படுத்திப் பெறப்படுகின்றது; பின்னர் நிறமாலை/அலைமாலை மற்றும் F0 அளகை தொடர்ச்சிகள் வாக்கிய எச்.எம்.எம்.-இலிருந்து எம்.எல். அளவீடு அடிப்படையில் பெறப்படுகின்றது. இறுதியாக எம்.எல்.எஸ்.எ.-ஐப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட மெல்-செப்ட்ரல் (Mel-septral) மற்றும் F0 அளகை தொடர்ச்சிகள் இவற்றிலிருந்து இறுப்புப் பேச்சு (filter speech) கூட்டிணைப்பாக்கப்படுகின்றது.

இந்த அணுகுமுறையில் பேசும் பாணிகள்/நடைகள் இரண்டு வழிகளில் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது: “நடை/பாணி சார் மாதிரியாக்கம்” அல்லது “நடை கலவை மாதிரியாக்கம்”. நடைசார் மாதிரியாக்கத்தில் ஒவ்வொரு நடையும் தனித்தனியாக மாதிரிப்படுத்தப்படுகின்றன. மாறாக நடைக் கலவை மாதிரியாக்கத்தில் பேசும் பாணிகளும்/நடைகளும் உணர்ச்சி வெளியீடுகளும் சூழல் காரணிகளாகவும் ஒலியியல் மற்றும் மொழியியல் காரணிகளாக எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றது; மற்றும் எல்லா நடைகளும் ஒரே நேரத்தில் ஒரு தனியான ஒலியியக்க மாதிரியால் மாதிரிப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு மாதிரியாக்க அணுகுமுறைகளுக்கும் ஒரே நிறைவேற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும் மற்றும் பதிவு செய்யப்பட்ட பேச்சுடன் ஒற்றுமையுள்ள பேச்சைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்வது சாத்தியமாகும்.

நம்மிடம் வேறுபட்ட இரு நபர்களின் இரு பேச்சு நடை மாதிரிகள் இருந்தால் இரு நபர்களின் மாதிரிகளை இடைச் செருகுவதால் இரு பேசுபவர்களுக்கு இடையில் இடைப்பட்ட குரல் சிறப்புப்பண்புகளைக் கொண்ட பேச்சைக் கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்ய இயலும். இதற்கு நாம் கவனக்கணிப்புகளுக்கு (observation) இடைச்சொருகல் எனப்படும் எளிய இடைச்சொருகல் நெறிமுறையைப் (interpolation method) பயன்படுத்துகின்றோம்.



4.5. பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க நெறிமுறைகளின் நிறைகளும் குறைகளும்

கூட்டிணைப்பாக்க வகை	நிறை	குறை

ஒலிப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம்	பேச்சின் பௌதிகப் பாவனை; ரபோட்டிக் பயன்பாடுகளுக்குப் பொருத்தமானது.	இயல்புத்தன்மை/ இயற்கைத் தன்மை குறைவு
ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம்	வேறுபட்ட பேச்சு நடைகளுகளை உட்படுத்தும் நெகிழ்வுத்தன்மை.	அளகைகளின் கையிலான இசைவிப்பு
ஒன்றிணைப்பு கூட்டிணைப்பாக்கம்	நல்ல இயற்கைத் தன்மை.	குறைவான புரிந்துகொள்கை; அதிக நினைவகம் தேவைப் படுதல்.
எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம்	நல்ல பண்புள்ள புரியவியலும் பேச்சைப் பெற குறைந்த அளவிலான நினைவகத் தேவைகள்	அலகுத் தேர்வுடன் ஒப்பிடுகையில் இயற்கைத் தன்மையின் தரக்குறைவு.

4.6. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்பாடுகளும்

உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை இயல்பான மொழியை (உரையை) பேச்சாக மாற்றுகின்றது. தற்காலத்தில் உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை பல நோக்கங்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை சில பயன்பாடுகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதன் சில பயன்பாடுகள் கீழே பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.

1. இலக்கவெண்சார் நூல் படிப்பான் (digital reader)
2. கைபேசி செய்தி படிப்பான் (mobile news reader)
3. பேச்சு ஒழுங்குமுறை (speech system)
4. கேளிக்கை/பொழுதுபோக்குத் தொழில் (entertainment industry)

4.6.1. இலக்கவெண்சார் நூல்படிப்பான்

கணிப்பொறி திரையில் உரைகளைப் படிப்பதற்கு நிறைய காலம் எடுத்துக்கொள்கின்றது. பயன்படுத்துபவர் மின் அஞ்சலைப் படிப்பர், ஸ்ப்ரெட்ஷீட்களை நிரப்புவர், இணைய தளத்திலிருந்து தகவல்களைச் சேகரிப்பர், சொல்லாய்வியில் கட்டுரைகளைத் திருத்துவர்; இது போன்று பல செயல்களைச் செய்வர். பெரும்பாலும் எல்லோரும் கண் களைப்புக்கு ஆளாயிருப்பர். உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை இச்செயல்களை எளிதாக்குகின்றது. அது கணியில் உள்ள உரைகளை கேட்கக்கூடிய வடிவில் மாற்றித் தருகின்றது.

4.6.2 கைபேசி செய்தி படிப்பான்

எல்லோருக்கும் பல வேலைகள் இருக்கும். அவர்கள் தங்கள் இயல்பான வேலைகளில் ஈடுபடுவதற்கு இடையில் செய்திகளை அறிய விரும்புவர். இன்றைய கால கட்டத்தில் எல்லோர் கையிலும் கை பேசி உள்ளது. உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறையைக் கைபேசியில் நிறுவினால் செய்திகளை உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை படிக்கக் கேட்கலாம்.

4.6.3. பேச்சு ஒழுங்குமுறை

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் பகுதியாகும். இது ஒரு மொழியில் எழுதப்பட்டுள்ள உரைகளை இலக்கு மொழியாக மாற்றுகின்றது. இறுதியில் பேச்சு-உரை ஒழுங்குமுறை எழுத்து உரையை பேச்சு உரையாக மாற்றித் தரும்.

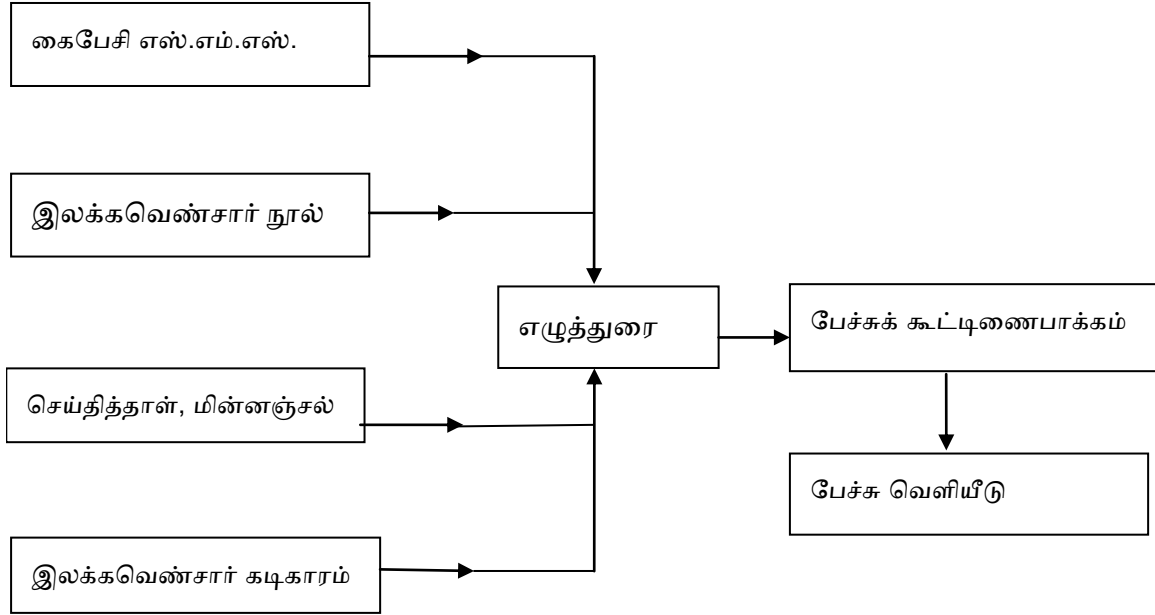
4.6.4 மருத்துவப் புலம்

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை தொழிநுட்பத்திற்கு உதவும் கருவிகளாகப் பயன்படுகின்றது. மிகப் பெரிய பயன்பாடு பார்வை குறைபாடு உள்ளவர்களுக்குத் திரை படிப்பானாகப் பயன்படுவது. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை பார்வையற்றவர்களுக்கு நூல்களைப் படித்துக் காட்டும்; மின்னஞ்சல்களைப் படித்துக்காட்டும்; இணைய தளத்திலிருந்து வேண்டிய செய்திகளையும் தகவல்களையும் படித்துக் காட்டும். மட்டுமன்றி படிக்கவியலாத அல்லது படிக்க முயற்சிக்கும் குழந்தைகளுக்கு படித்துக் காட்டும் பயிற்சியாளராகவும் பயன்படுகின்றது. பேச்சுக் குறைபாடு உள்ளவர்களுக்கும் பயிற்சியாளராகப் பயன்படுத்த இயலும்.

4.6.5. கேளிக்கைத் தொழில்

இன்றைய கால கட்டத்தில் உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை பல்லாடக தொழிலுக்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை கணினி விளையாட்டு, வீடியோ விளையாட்டு மற்றும் பிற பல கேளிக்கைத் தொழில்களில் பயன்படுகின்றது. ஒட்டுமொத்த பயன்பாட்டு மாதிரி கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

படம் எண்



4.7. சுருக்கவுரை

இவ்வியல் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தை அறிமுகம் செய்கின்றது. இவ்வியலில் பேசொலிகளின் ஒலிபெயர்ப்பு, ஒலியன் விதிகளும் முற்றுநிலை மாறிகளும், உரையிலிருந்து பேச்சுக்குவேண்டி உரையை ஒலியன்களுக்குப் பொருத்துதல், உரையிலிருந்து பேச்சில் மீக்கூறு என்பன பற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் வரலாறு, பேச்சுக்

கூட்டிணைப்பாக்க அணுகுமுறைகள், உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்பாடுகள் இவை பற்றியும் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளன.

இயல் 5 தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கம்

5.1. அறிமுகம்

பேச்சு மற்றும் கட்புலன் போன்ற மனித வசதிகளை இயந்திரத்தில் உட்படுத்துவது செயற்கை அறிவு ஆய்வின் அடிப்படை விசயமாகும். பேச்சு வெளியீட்டை உருவாக்கும் கணிப்பொறியின் திறன் பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் என அழைக்கப்படுகின்றது. இது பேச்சு உற்பத்தி மற்றும் புலனுணர்வின் ஆழமான புரிந்துகொள்ளலை வேண்டுகின்றது. கணிப்பொறிக்கு மனித இடைமுகத்தின் முன்னேற்றத்தைப்பற்றிப் பரவலான பேச்சு இருக்கின்றது. மக்கள் தேவையான தரவை உட்கார்ந்து தட்டச்சு செய்ய விரும்பவில்லை அல்லது கணினித் திரையிலிருந்து தரவை படிக்க விரும்பவில்லை. இந்நோக்கத்தில் பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம் கணிப்பொறிக்கு மனித இடைமுகத்தை மேம்படுத்த முக்கியமான படிகளில் ஒன்றாக அமைகின்றது. இவ்வியலில் தமிழுக்கு உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தை (speech synthesis) நடைமுறைப்படுத்துவது பற்றி கூறப்படும்.

5.2. தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் பின்னடைவு

தமிழில் உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சை உருவாக்கும் முயற்சி பின்வரும் காரணங்களால் பின்னடைவு காட்டுகின்றது.

1. தமிழ் மொழியின் கலவைத் தன்மை
2. தமிழ் மொழி இலக்கணத்தின் கலவைத் தன்மை (ஒலியன் வரன்முறை, மெய்மயக்கங்களின் அமைப்பு, புணர்ச்சி மாற்றங்கள்)
3. தூயதமிழ்ச் சிக்கல் (பேச்சுத் தமிழுக்கும் தூய எழுத்துத் தமிழுக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள்)
4. ஏற்கனவே உருவாக்கப்பட்ட தமிழ் உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்கமைப்புகளின் செயற்கைத் தன்மை.

5.3. தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் முயற்சிகள்

தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்தின் முயற்சிகளில் முதன்மையாக குறிப்பிடத்தகுந்தவர்கள் யக்ஞநாராயணாவும் (Yegnanarayana et al., 1994) ஹேமா மூர்த்தியும் ஆவர். தமிழ் மொழிகளுக்கான பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்காக ஆய்வுகள் மேற்கொண்டு

கட்டுரைகளாக வெளியிட்டுள்ளனர். ஹேமா மூர்த்தி பல ஆய்வுத்திட்டங்களை மேற்கொண்டு தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சாக்கத்திற்கான ஒழுங்குமுறையை உருவாக்கியுள்ளார்.

தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சாய்வில் இந்திய அறிவியல் நிறுவனத்தைச் சர்ந்த ராமகிருஷ்ணாவின் பங்களிப்பு இங்கு கட்டாயம் குறிப்பிட வேண்டிய ஒன்றாகும். உரையிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்தில் அவர் பெரும் பங்களிப்பு செய்துள்ளார். பிரதிபாவும் அவரும் எழுதிய “தமிழுக்கான இணையச் சாத்தியமான பேச்சு உருவாக்கி (Prathibha and Ramakrishana 2002), அவரும் பிறரும் (Ramakrishnan, Kaushik, Laxmi Narayana 2007) எழுதிய “தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சுக்கு இயற்கைமொழி ஆய்வு” மற்றும் அவர் எழுதிய பேச்சு நுட்பமும் தமிழும் (Ramakrishana 2014) என்பன சான்றுகளாகும்.

ஜெயவர்த்தனா மற்றும் பிறர் (Jayavardhana Rama et al 2001) திருக்குறளுக்கு ஒரு உரையிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை உருவாக்கியுள்ளனர். அவர்கள் தமிழ் மொழியில் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றத்திற்கு ஒரு புதிய நெறிமுறையை விளக்குகின்றனர். இது இரண்டு நிலைகளை உள்ளடக்கியது: நேரடித்தொடர்பில்லா நிலை/ஆப்லைன் நிலை (offline phase) மற்றும் நேரடித்தொடர்பு நிலை/ஆன்லைன் நிலை (online phase). நேரடித்தொடர்பில்லா நிலை முன்செயற்பாங்கு (preprocessing), கூறுபடுத்தல் (segmentation), இசைமை அடையாளப்படுத்தல் (patch marking) இவற்றை உட்படுத்தும். மீக்கூறு (prosody) கூற்று வெளிப்பாட்டிற்குப் பயன்படுத்தப்படும் பௌதீக, ஒலியியல் விளைவுகளின் கலவைத்தன்மையான அலையாகும். மீக்கூறு இசைமை (pitch), விட்டிசை (pause), மாத்திரை (duration), ஒலிவன்மை/ஒலிமிகைப்பு (loudness) இவற்றை உள்ளடக்கும். இசைமை பேச்சு குறிகையின் அதிக வெளிப்படுத்தும் பகுதி ஆகும். மாத்திரை கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யப்பட்ட பேச்சின் இயல்புத்தன்மையைப் பாதிக்கும் முக்கியக் காரணியாகும். ஒரு சொலின் அல்லது வாக்கியத்தின் வேறுபட்ட இடங்களில் வரும் ஒரே உயிரொலி வேறுபட்ட மாத்திரைகளைக் கொண்டிருக்கும். இதற்குப் பின்வரும் எடுத்துக்காட்டு தரப்பட்டுள்ளது: *நான் ஆறு மணிக்கு வரலாமா*. இந்த வாக்கியத்தில் உயிரொலி /ஆ/ வேறுபட்ட இடங்களில் வேறுபட்ட மாத்திரையில் வருகின்றன. இசைமை அடையாளத்தில் அலைவடிவங்கள் ஒன்றிணைக்கப்படுவதால் இசைமையை அடையாளப்படுத்தல் முக்கியமானதாகும். இசைமையை மதிப்பீடு செய்யத் தானியக்கப் பொருத்த நெறிமுறை (auto-correlation method) பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கால

அளவின் நீட்சி தந்துள்ள கூறில் அதிகபட்ச தானியக்க பொருத்தத்தைக் கண்டுபிடிப்பதால் கணிக்கப்படுகின்றது. உரை/பனுவல் ஆய்வு நிலை பேச்சின் அடிப்படை அலகுகளின் கோர்வைகளாகப் பகுப்பாய்வு செய்வதையும் தமிழ் விதிகளைப் பயன்படுத்துவதையும் உட்படுத்தும். கூட்டிணைப்பாக்க நிலை சரியான வரிசைகிரமத்தில் இவ்வலகுகளின் அலைவடிவுகளின் ஒன்றிணைப்பை உட்படுத்தும். இயற்கைத் தன்மை அடிப்படையில் இத்திட்டம் விரிவுபடுத்தப்பட்டுள்ளது.

பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கம் மற்றும் அவற்றின் உயர்ந்த நிலைப் பயன்பாடு தொடர்பாகத் தமிழ் உரை-பேச்சு இயந்திரத்தின் நடைமுறையாக்கம், முன்னேற்றம், நடைமுறைப்படுத்தலின் சவால்கள் இவற்றின் பல்வேறு நெறிமுறைகள் சுருக்கமாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. பனுவலிலிருந்து-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் நடைமுறையாக்கம் ஒன்றிணைப்பு நெறிமுறையைப் பயன்படுத்தி செய்யப்படுகின்றது; பனுவலிலிருந்து பேச்சு இயந்திரத்தின் தேவையான பகுதிகளான சொல் பகுப்பாய்வி (lexical analyzer), ஒலியன் கண்டுபிடிப்பி (phoneme identifier), குரல் பொருத்துதல் (voice mapping), பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கி (speech synthesizer), குரல் சீராக்கம் (voice modulation) இவைபற்றி விளக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கு பயன்படுத்தப்படும் சொல்லாய்வி வழக்கமான சொல்லாய்வியுடன் ஒற்றுமை காட்டுகின்றது; அவை தமிழ் எழுத்துருக்களை உட்படுத்த இயலும் (எ.கா. முரசு அஞ்சல்); பனுவலை/உரையை ஒலியியல் அடிப்படையில் உள்ளீடு செய்யும் அல்லது தமிழ் விசைப்பலகையைப் பயன்படுத்தும் விருப்பத்தேர்வு கொண்டிருக்கின்றது. இது தரவு பேச்சாக வெளிப்படுத்தப்பட வேண்டும் என்று விரும்புகிற பயன்படுத்துபவரிடமிருந்து உரை/பனுவல் பதிவைப் பெறும். ஒவ்வொரு சொல்லுக்கும் பின் வேகம், கன அளவு போன்ற மதிப்புகள் வழநிலையாக வைக்கப்படும்.

எ.கா.

/s[75]/v[75]அ/ன்னைs/[75]ஒ/ரு/s[75]/v[75]தெ/ய்வம்

இது சொற்களை 75% வேகத்திலும் 75% கன அளவிலும் பொருத்தமான அசை அழுத்தத்திலும் இசைக்கும். சொல்சார் அசை அழுத்த ஆய்வி சுவையற்ற விளைவை நீக்க உதவ வேண்டி வாக்கியத்தின் பல்வேறு பாகங்களுக்கு வெளிப்படையாகக் கூறப்படாதவை தவிர பிறவற்றிற்குச் சரியான அசை அழுத்தத்தைச் சேர்ப்பதற்காகத் தந்துள்ள பனுவலை தமிழ் இலக்கணத்திற்காகப் பரிசோதிக்கும். ஒலியன் அடையாளம் கண்டுபிடிப்பியால் அன்னை என்ற சொல் Aது NதுNAI

என்று பகுப்பாய்வு செய்யப்படும்; இதில் ஒவ்வொன்றும் அவற்றின் தொடர்புள்ள ஒலிகளைக் கொண்டிருக்கும். இதுபோன்று எல்லா சொல்லையும் பகுத்தாயலாம்.

கிஷோர் மற்றும் பிறர் (Kishore, Rohit Kumar and Rajeev Sangal 2002) ஒன்றிணைப்புக்கு அசைகளை அடிப்படையாகப் பயன்படுத்தி தரவு-இயக்க அணுகுமுறை/நெறிமுறை (data-driven method) அடிப்படையில் இந்திய மொழிகளுக்கு உரையிலிருந்து பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்கு முயன்றுள்ளனர். இந்நெறிமுறையின் அலகுத்தேர்வு வழிமுறைவரைவு மீக்கூறு பொருத்தச் செயற்பாட்டைக் கையாளும் அனுகூலத்தைக் கொண்டுள்ளது; இது சொற்கள், தொடர்கள், வாக்கியங்கள் போன்ற பெரிய வரிசைகளை உட்படையாகத் தேர்ந்தெடுக்க இயலும். முன்மொழியப்பட்ட இந்த அணுகுமுறை இந்திய மொழிகளுக்கு உயர்ந்த சிறப்புப்பண்புள்ள பேச்சைத் தருவதாகக் கூறுகின்றனர்.

கிருதிகா, கீதா ஆகியோர் (Krithiga M.V. and Geetha T.V. 2004) எல்.பி.சி. அடிப்படையிலான ஒலியிருமை தரவு அடித்தளம் (diaphone database) மற்றும் கால அளவுவை மாற்றம் வழி அசை இசைமையின் மாற்றம் இவற்றைப் பயன்படுத்தி தமிழ் பனுவலிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்தின் பண்பில் முன்னெற்றத்தைப் பற்றி விளக்குகின்றனர். ஒன்றிணைக்கும் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கியால் (concatenative speech synthesizer) பேச்சு உருவாக்கப்படுகின்றது. அசை அலகுகள் அவற்றின் பண்பைக் குறைக்காமல் அலகு எல்லைகளில் ஸ்பெக்ட்ரல் தொடர்ச்சியின்மையை குறைகும் படி ஒன்றிணைக்கப்படவேண்டும். ஒன்றிணைப்பு எல்லையில் பொருத்தமான ஈரொலியை செருகுவதாலும் கால அளவை மற்றத்தை நிறைவேற்றுவதாலும் நேர்த்தி ஏற்படுத்தப்படுகின்றது.

இந்திய மொழிகளின் தொழிநுட்ப முன்னெற்றம் (Technological Development of Indian Languages) என்ற இந்திய அரசின் ஆய்வித்திட்டத்தின் கீழ் தமிழ் மொழிக்காக 'எதிரொலி' என்ற ஒழுங்குமுறை சென்னை அண்ணாப் பல்கலைக்கழகத்தால் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது.

சாமுவல் தாமஸ் மற்றும் பிறர் (Samuvel Thomas, Nageshwara Rao, Hema A. Murthy, Ramalingam) 'Natural Sounding Tts Based On Syllable-Like Units' என்ற தமது கட்டுரையில் ஒன்றிணைப்பாக்கப் பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்குப் புதிய அசைபோன்ற அலகைப் பயன்படுத்துவது பற்றி விளக்குகின்றனர். இந்த அலகுகள் குழும தாமத அடிப்படை பிரிப்பு

வழிமுறைவரைவு (delay based segmentation algorithm) மற்றும் ஒலியியக்க அடிப்படையில் C*VC* (C: consonant, V: vowel) வடிவுக்குப் பொருந்தாதல் இவற்றைப் பயன்படுத்தி தனியக்கமாக உருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த ஒழுங்குமுறையின் திறன் தமிழில் இயல்பாக ஒலிக்கும் பேச்சை கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்து நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. ஓரசை அலகுகளுக்குப் பதிலாக ஈரசை அலகுகளைப் பயன்படுத்தியபோது கூறத்தக்க தர முன்னேற்றம் கிடைக்கப்பெற்றது; இதன் விளைவு மரபு ஒலியிருமை அடிப்படையிலான அணுகுமுறையைவிடச் மிகச் சிறந்ததாக அமைந்தது. இந்த அணுகுமுறையின் முக்கியமான சாதகநிலை மீக்கூறு விதிகளை நீக்கிவிடுவதாகும். பெறப்பட்ட பேச்சு இயல்பாக அமைவது இந்த அணுகுமுறையின் சிறப்பாகும். (என்பன இவர்களின் வாதம்).

வேணுககோபாலகிருஷ்ணா மற்றும் பிறர் (Venugopalakrishna Y R, மற்றும் பிறர் 2008) 'Design and Development of a Text-To-Speech Synthesizer for Indian Languages' என்ற தமது கட்டுரையில் ஒன்றிணைப்பாக்கத்தின் அலகுகளாக அசைகளையும் பல்லசைகளையும் கொண்டு அலகுத் தேர்வு அடைப்படையிலான உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பக்கியின் திட்டவரைவு மற்றும் நடைமுறைப் படுத்தல் பற்றி விளக்குகின்றனர். இந்திய மொழிகள் அசையை மையமாகக் கொண்டவை ஆதலால் இந்திய மொழிகளுக்கு அசையை அலகாகத் தெரிவுசெய்தது பொருத்தமானதாகும். அசை அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம் கூறத்தக்க மீக்கூறு மாற்றத்தை வேண்டாவிட்டாலும் அசையின் சூழலில் நிறைவேற்றப்படவேண்டிய மீக்கூறு மாற்றம் மரபு ஒலியிருமை அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கத்தைவிட கூறத்தக்க விதத்தில் வேறுபட்டதாகும். (என்பன இவர்களின் வாதம்).

வினோத் மற்றும் பிறர் (Vinodh M.V., Bellur A., Narayan, B.K., Thakare D. M., Susan A., Suthakar N.M. and Murthy H.A.) 'Using polysyllabic units for text to speech synthesis in Indian languages' என்ற தமது கட்டுரையில் பல்லசை அலகுகளைப் (polysyllabic units) பயன்படுத்தி இந்திய மொழிகளுக்கு உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையை திட்டமிடுவது மற்றும் உருவாக்குவது குறித்து விளக்குகின்றனர். முதலில் ஒலியன் அடிப்படையிலான உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை உருவாக்கப்பட்டது. பின்னர் உரை-பேச்சுக்கு ஓரசை கொத்து அலகு (monosyllable cluster unit) உருவாக்கப்பட்டது. (பொருத்தமான அலகுகள் கிடைத்தால்) பல்லசை அலகுகள் பயன்படுத்தப்படும் போது கூட்டிணைப்பாக்க வாக்கியத்தின் தரம் அதிகரிக்க இயலும் என்பது

கண்டுணரப்பட்டது; ஏனென்றால் இம்மாதிரியான நேர்வுகளில் சாரொலிப்பின் (co-articulation) விளைவு தக்கவைக்கப்படும். எனவே இந்தி மற்றும் தமிழுக்கு ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட வகை மயக்க அலகுகள் கொண்ட பல்லசை அலகுகள் உருவாக்கப்பட்டன. ஒழுங்குமுறை அலகுத் தேர்வு செயற்பாங்கின் போது அலகுகளில் சிறந்ததைத் தெரிந்தெடுக்கும்; இதன்காரணமாகச் சேர்க்கும் போதும் ஒன்றிணைக்கும் போதும் விளைகின்ற இழப்பைக் குறைக்க இயலும். ஆரம்பக்கட்ட கேட்டல் பரிசோதனை பல்லசை உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறை சிறந்த தரம் உள்ளது என்பதைச் சுட்டிக்காட்டுகின்றது. (என்பன இவர்களது வாதம்).

வாசுரங்கநாதனின் தமிழ் தழுவிய கணினிசார் ஒலியனியலும், உரையிலிருந்து பேச்சாய்வும் (Ranganathan 2014, 2016) நல்ல நோக்கீடுகளாக அமையும்.

தமிழில் உரையிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்திற்கான முன்னேற்பாடுகள் பல நடந்துள்ளன. குறிப்பாக சென்னையிலுள்ள IIT-யில் இது தொடர்பான ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. அந்நிறுவனத்தில் பணிபுரிந்த யக்ஷநாராயணா, ஹேமா மூர்த்தி, இராசேந்திரன் போன்றோர் உரையிலிருந்து பேச்சுத்தொடர்பான கருவிகளைச் செய்வதற்கு முயற்சிகள் மேற்கொண்டு வெற்றிபெற்றுள்ளனர். அண்ணாப்பல்கலைக்கழகத்தில் நடைபெற்ற RCTDIL-T என்ற ஆய்வுத்திட்டத்திலும் இதற்கான முயற்சிகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. திருவனந்தபுரத்திலுள்ள உலகத் திராவிட மொழிகளின் பள்ளி (ISDL) மலையாளத்திற்கு உருவாக்கிய மலையாள உரையிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறை தமிழ் உரைக்கும் நல்ல பேச்சு வெளியீட்டைத் தருகின்றது. எஸ் எஸ் என் கல்லூரியைச் சார்ந்த நாகராஜன் அவர்களும் உரையிலிருந்து பேச்சு உருவாக்கத்தில் தனது முத்திரையைப் பதித்துள்ளார்.

எதிரோலி என்பது தமிழிற்கான ஒரு உரையிலிருந்து பேச்சு இயந்திரம் ஆகும். உரையிலிருந்து பேச்சு கூறு தேவைப்படுகின்ற எந்தவொரு பயன்பாட்டிலும் செருக இயலுமாறு இயந்திரம் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ் உரை உள்ளீடாக வழங்கப்படும்போது, அது முன் செயற்பாங்கு செய்யப்பட்டு, மொழியியல் விதிகளைப் பயன்படுத்தி ஒப்புருவுசார் மயக்கத்தை/தெளிவின்மைகளை அகற்றுவதற்காக ஒலியியல்சார் உருப்படுத்தம் செய்யப்படுகிறது. ஒரே எழுத்து அது நிகழும் நிலையைப் பொறுத்து வெவ்வேறு ஒலிகளைக் கொண்டிருக்கக்கூடும் என்பதால் ஒப்புருவுசார் மயக்கம்/தெளிவின்மை தமிழில் எழுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, தமிழில் உள்ள வல்லினம் எழுத்துக்கள் (க், ச், ட், த், ப், ற்,) ஒரு சொல்லுக்குள்

நிகழும் நிலையின் அடிப்படையில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒலிகளைக் கொண்டுள்ளன. இந்த ஒலிபெயர்ப்பு உரையில் உள்ள ஒவ்வொரு வார்த்தையும் CVCV மாதிரியைப் பயன்படுத்தி அதனுடன் தொடர்புடைய ஒலியன்களாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. ஒலியன்கள் அடையாளம் காணப்பட்டவுடன், ஒலியன்களுடன் தொடர்புடைய ஒலி கோப்புகள் ஒன்றிணைக்கப்பட்டு பேச்சு வெளியீட்டைக் கொடுக்கும் வகையில் வரிசைப்படுத்தப்படுகின்றன. தற்போது, இந்த முறையைப் பயன்படுத்தி தமிழ் பேச்சை உருவாக்க 4000 அசைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மேற்கண்ட உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற ஒழுங்குமுறைகளில் ஒருசில விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளன.

5.3.1. பிலிப்ஸ் மற்றும் கூட்டாளிகளின் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம்

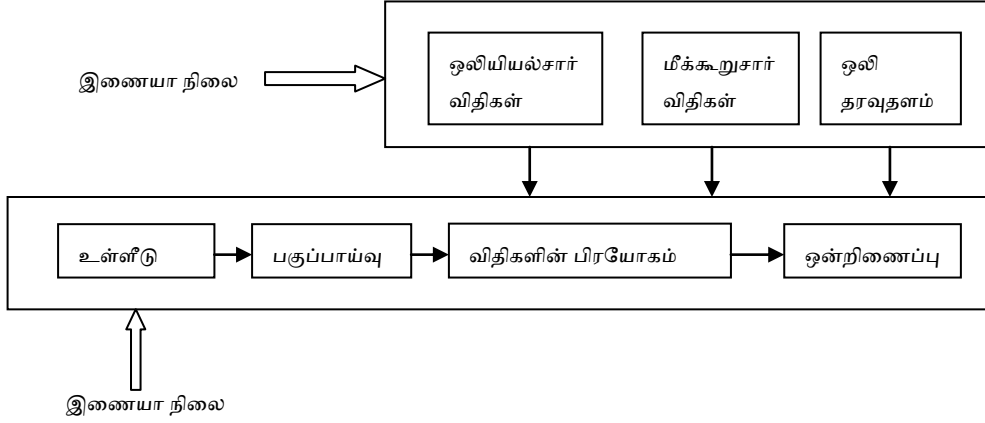
பிலிப்ஸ் மற்றும் பிறர் (Pilips et al 2005) 'உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம்' என்ற தமது தாம் உருவாக்கியுள்ள உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற ஒழுங்குமுறையைப் பற்றி விளக்குகின்றனர்

5.3.1.1. முன்னுரை

. பொதுவாக உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் மூன்று வழிகளில் செய்யப்படுகின்றது; அவை ஃபர்மண்ட் அடிப்படை (formant based), அளவீடு அடிப்படை (parameter based), ஒன்றிணைப்பு அடிப்படை (concatenation based).

தற்போதைய உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற ஒழுங்குமுறை இணைப்பாக்கம் அடிப்படையிலானதாகும். இணைப்பாக்கம் இரண்டு நிலைகளை உள்ளடக்கும்: இணையா நிலை (offline), இணை நிலை (online phase). இணையா நிலை அடிப்படை அலகு தெரிவு, மொழி விதிகளைக் கண்டறிதல் (ஒலியியல்சார் விதிகள் மற்றும் மீக்கூறுசார் விதிகள்) மற்றும் ஒலி தரவுத்தளத்தின் தெரிவு இவற்றை உட்படுத்தும். இணைநிலை உள்ளீட்டு உரையை அடிப்படை அலகுகளாகப் பிரித்தல் மற்றும் தமிழ் மொழி விதிகளைப் பிரயோகித்த பின்னர் அவற்றை பேச்சாக மாற்றுதல் இவற்றை உட்படுத்தும். இந்த ஒழுங்குமுறை ஒரு இடுகுறித்தன்மையான உரைக்கோப்பை ஏற்றுகொண்டு பொருளடக்கங்களை எழுத்துக்களாகப் பகுத்து உரை ஆய்வின் நிலைகளுக்கும் பகுபாய்வுக்கும் (அதாவது அடிப்படை அலகுகளின் கண்டறிதலுக்கு), மொழி விதிகளின் பிரயோகத்திற்கும் இறுதியாக பேச்சு வெளியீட்டை உருவாக்க ஒன்றிணைப்புக்கும் உருவாக்கத்திற்கும் கடத்துகின்றது.

படம்: உரையிலிருந்து பேச்சு எந்திரத்தின் தொகுதிப் படம்



5.3.1.2. மொழி விதிகள் (Language Rules)

5.3.1.2.1. தமிழ் எழுத்துக்கள்

தற்காலத் தமிழ் எழுத்து முறை 12 உயிரெழுத்துக்கள், 18 மெய் எழுத்துக்கள், 216 உயிர்மெய் எழுத்துக்கள் (அதாவது $18 \times 12 = 216$) மற்றும் “ஆய்தம்” எனப்படும் ஒரு எழுத்து ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. உயிரெழுத்து பகுதிகள். தமிழில் 247 மொத்தம் எழுத்துக்கள் உள்ளன.

உயிர்கள்

உயிர்கள் அவற்றின் உச்சரிப்புகளுடன் கீழ்வருமாறு தரப்பட்டுள்ளது.

உயிர்கள்	உச்சரிப்புகள்
அ	a
ஆ	aa/A
இ	i
ஈ	ii/I
உ	u
ஊ	uu/U
எ	e
ஏ	ee/E

ஐ	ai
ஓ	o
ஔ	ao/O
ஔ	au

மெய்கள் (Consonants)

மெய்கள் அவற்றின் உச்சரிப்புகளுடன் கீழ்வருமாறு தரப்பட்டுள்ளது.

மெய்கள்	உச்சரிப்புகள்
க்	k
ங்	ng
ச்	ch
ஞ்	nj
ட்	t
ண்	N
த்	th
ந்	nth
ப்	p
ம்	m
ய்	y
ர்	r
ல்	l
வ்	v
ழ்	zh
ள்	L
ற்	tR
ன்	n

இந்த மெய்கள் மூன்றாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளன.

வல்லினம்: க், ச், ட், த், ப், ற்

மெல்லினம்: ங், ஞ், ண், ன், ம், ன்

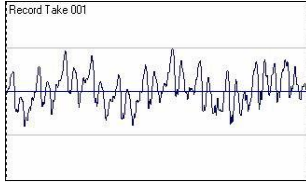
இடையினம்: ய், ர், ல், வ், ழ், ள்

ஆயுதம்: ஆயுத எழுத்து ஃ என்று எழுதப்படும்; h என்று உச்சரிக்கப்படும். இது தமிழில் குறைவான சொற்களிலேயே பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

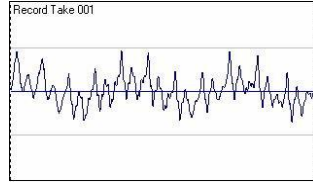
உயிர்மெய் எழுத்துக்கள்: 18 மெய் எழுத்துக்கள் 12 உயிர் எழுத்துக்களுடன் சேர்ந்து வருகையில் $18 \times 12 = 216$ உயிர்மெய் எழுத்துக்கள் விளைகின்றன.

5.3.1.2.2. தமிழ் ஒலியியல் சார் விதிகள் (Tamil phonetic rules)

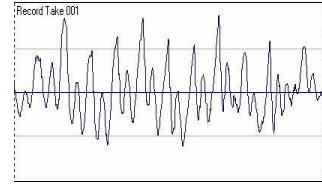
தமிழ் எழுத்துகள் தனித்தன்மையான ஒலிகளுள்ள வடிவங்களைக் கொண்டுள்ளன. சில எழுத்துக்கள் அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் வேறுபட்ட ஒலிகளைக் கொண்ட ஒரே வடிவைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே இந்த இடம் அடிப்படையிலான ஒலிப்பு வேறுபாடு விளக்கப்படவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக க என்ற எழுத்து அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் [ka], [ha], [ga] என்ற ஒலிப்பு வேறுபாடுகளைக் கொண்டுள்ளது.



க (ka)



க (ha)



க (ga)

தமிழ் வல்லின எழுத்துகள் க், ச், ட், த், ப், ற் என்பன அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் வேறுபட்டு ஒலிக்கும்.

இயல்பு ஒலி (Normal sound): வல்லின மெய்களின் முன் அவைகளே வரும்போதும் மற்றும் சொல்லின் தொடக்கத்திலும் மாற்றமின்றி இயல்பு ஒலிகளாக (குரலிலா ஒலிகளாக/voiceless sounds) வரும்.

தமிழ் எழுத்து	உச்சரிப்பு
க	ka
ச	cha
ட	ta
த	tha
ப	pa
ற	tRa

கடின ஒலிகள் (Hard Sounds): வல்லின மெய்கள் முன் மெல்லினங்கள் ங், ஞ், ண், ன், ம், ன் வருகையில் அவை கடின ஒலிகளாக (குரல் ஒலிகளாக/voiced sounds) வரும்.

தமிழ் எழுத்து	உச்சரிப்பு	முன்னர் ஒலி	வரும்
க	ga	ங்	
ச	cha	ஞ்	
ட	da	ண்	
த	dha	ந்	
ப	bha	ம், ன், ண்	
ற	dRa	ன்	

மெல் ஒலி (Soft Sound): மெல் ஒலி சொல்லின் மத்தியில் அவற்றின் மெய்கள் முன்னர் வராத நிலையில் வரும்.

தமிழ் எழுத்து	உச்சரிப்பு
க	ha
ச	sa
ட	da
த	dha

ப	bha
ற	Ra

5.3.1.2.3. தமிழ் மீக்கூறு விதிகள் (Tamil Prosodic rules)

மீக்கூறு என்பது வெளிப்பாட்டிற்கு பயன்படுத்தப்படுகிற ஒரு பெளதிக ஒலியனியல்சார் விளைவு ஆகும். இந்த இயற்கையான ஒலி உரையை உருவாக்க பயன்படுகிறது. மீக்கூறு முறையான புலணர்வைக் கொண்டுள்ளது; மற்றும் இடைநிறுத்தங்கள், இசைமை, காலம் மற்றும் சத்தத்தின் அடிப்படையில் பேச்சாளரின் நோக்கங்களை மீட்டெடுப்பதையும் கொண்டுள்ளது. பேச்சு சமிக்ஞையின் மிக வெளிப்படையான பகுதியாக இசைமை ஆகும். மக்கள் தங்கள் இசைமை மாறுபாடுகள் மூலம் தங்கள் உணர்ச்சிகளை வெளிப்படுத்த முயற்சிக்கிறார்கள். எனவே இயற்கையான ஒலி பேச்சைப் பெற இசைமை மற்றும் கால அளவு பற்றிய விரிவான பகுப்பாய்வு செய்யப்பட வேண்டும். இது பல மறு செய்கைகளுடன் கூடிய மிகவும் கடினமான பணி என்பதால், இந்த செயல்பாட்டின் ஒவ்வொரு அலகின் காலமும் மட்டுமே கருதப்பட்டுள்ளது. தேவைப்படும்போது சரியான அளவு ம silence னத்தை செருகுவதும் ஒரு முக்கியமான பணியாகும். நிறுத்தற்குறி/முழுப்புள்ளி (full-stop), கால்புள்ளி (coma), அரைப்புள்ளி (semicolon), முக்காற்புள்ளி (colon) போன்ற இடங்களில் அறிமுகப்படுத்தப்பட வேண்டிய மாறுபாடுகள் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது.

5.3.1.3. நடைமுறைப் படுத்துதல்/செயல்படுத்துதல் (Implementation)

இணையா (ஆஃப்லைன்) கட்டம், இணை (ஆன்லைன்) கட்டம் மற்றும் பயனர் இடைமுகத்தின் உருவாக்கம் இவற்றை உள்ளடக்கிய உரையிலிருந்து பேச்சு இயந்திரத்தை செயல்படுத்துவது இந்த பிரிவில் விவரிக்கப்படுகிறது.

5.3.1.3.1. இணையாக் (ஆஃப்லைன்) கட்டம்

கணினியின் இணையா (ஆஃப்லைன்) செயல்பாட்டில் அடிப்படை அலகுகளைத் தேர்ந்தெடுப்பது மற்றும் ஒலி தரவுத்தளம் உருவாக்குவது ஆகியவை அடங்கும்

அடிப்படை அலகின் தெரிவு (Selection of basic unit)

அடிப்படை அலகுகளின் தொகுப்பில் தமிழில் உள்ள அனைத்து ஒலிகளும் / சொற்களும் இருக்க வேண்டும். பேச்சின் இந்த அலகு அசைகள், ஒலியன்கள், ஈரொலிகள், சொற்கள்,

சொற்றொடர்கள் அல்லது வாக்கியங்களாக இருக்கலாம். இவற்றில் மிக நீளமான அலகு வாக்கியம் ஆகும்; மற்றும் குறுகிய அலகு ஒலியன்/ஈரொலி ஆகும்.

நாம் வாக்கியத்தை (sentence) அடிப்படை அலகு எனத் தேர்வுசெய்தால், ஒன்றிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருக்கும். எனவே தரம் அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் அலகுகளின் எண்ணிக்கை எல்லையற்றதாக இருக்கும், அது இருக்கும் எந்தவொரு ஸ்கிரிப்ட்டுமும் வேலை செய்ய அத்தகைய அமைப்பை வடிவமைக்க இயலாது.

Diphone

நாம் ஒலியனை (phoneme) அடிப்படை அலகு எனத் தெரிவுசெய்தால், ஒன்றிணைப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்கும். எனவே தரம் குறைவாக இருக்கும். இருப்பினும், தரவுத்தளத்தின் அளவும் ஒரு முக்கியமான கருத்தில் கொள்ள வேண்டிய காரணி ஆகும்.

அசை (syllable) அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டால், அசை வெவ்வேறு இடங்களில் வரும்போது அவை ஒவ்வொன்றின் ஒலி மாறுபாடுகளையும் செயல்படுத்த வேண்டும்; அது சாத்தியமில்லை; ஏனென்றால் ஒரு அசை தமிழ் எழுத்துக்களை மட்டுமே கொண்டுள்ளது.

ஈரொலிகள் (டிஃபோன்/diphone) என்பது இரண்டு அருகிலுள்ள இரண்டு அசைகளுக்கு நடுவில் தோன்றும் ஒலி ஆகும். என்றால் இது அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டால் ஒன்றிணைப்பு உருக்குலைவு குறைவாக இருக்கும். ஆனால் தரவுத்தளத்தில் சேமிக்க வேண்டிய அலகுகள் எண்ணிக்கை அதிகம் ஆகும்; ஏனென்றால் ஒவ்வொரு அருகிலுள்ள அசைகளின் ஒலிகளை சேமிக்க வேண்டியது அவசியம் ஆகும்.

இந்த உண்மைகள் அனைத்தையும் பரிசீலித்தபின், ஒலியன் இதற்கான அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளது. இது ஒரு மொழியின் அடிப்படை ஒலி அலகு ஆகும். ஆங்கிலத்தைப் பொறுத்தவரை, 26 எழுத்துக்கள் உள்ளன; ஆனால் ஆங்கிலத்தில் நிறைய மயக்கங்கள்/தெளிவற்ற தன்மைகள் உள்ளன. தமிழில் மிகவும் குறைவான மயக்கமே/தெளிவின்மை உள்ளது அவற்றில் மிகவும் தனித்துவமான உச்சரிப்புகளுடன் 247 உள்ளன உள்ளன என்பதே உண்மை. தி பல்வேறு எழுத்துகள் தமிழில் சுமார் 343 ஒலியன்களின் பெரிய பட்டியலை உருவாக்குகின்றன, இது தமிழ் பேச்சுக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது.

ஒலி தரவுத்தளத்தை உருவாக்குதல் (Creation of sound database)

ஒலியன்கள் அடிப்படை அலகு எனத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டதால், எல்லா ஒலியன்களும் பதிவு செய்யப்பட்டு தரவுத்தளத்தில் சேமிக்கப்படுகிறது. ஒலி தரவுத்தளத்தின் தரம் ஒரு முக்கியமான காரணியாகும் உரையிலிருந்து பேச்சைப் பொருத்தவரையில் வெளியீட்டின் தரம் முக்கியமானதாகும்.

பேச்சைப் பதிவுசெய்யும்போது, குறைந்தது 8 கிலோஹெர்ட்ஸ் பதமாதிரி (sampling) வீதமும் 8-பிட்டும் பதமாதிரியும் இருக்க வேண்டும். இது மோசமான தரமான பேச்சை உருவாக்குகிறது, ஆனால் அதைப் புரிந்து கொள்ள முடியும். தரத்தை மாதிரியில் உள்ள பிட்களின் எண்ணிக்கையை 12 பிட்கள் அல்லது 16 பிட்களாக அதிகரிப்பதன் மூலம் மேம்படுத்தலாம். டிஜிட்டலாக்க நிலைகளை அதிகரிப்பது ஒலி அடையாளக்குறியை சத்த விகிதத்திற்கு அதிகரிக்கும். பதமாதிரி விகிதத்தை 8 kHz க்கு மேல், அதாவது 10 kHz, 16 kHz அல்லது 20 kHz வரை அதிகரிப்பது அதிர்வெண் உள்ளடக்கத்தை மேம்படுத்துகிறது. அதிக பதமாதிரி அதிர்வெண் அதிக தரத்தைத் தரும். உயர்தரப் பேச்சு பதிவுக்குக்கும் திரும்பி கேட்பதற்கும் 16 கிலோஹெர்ட்ஸ் பதமாதிரி வீதம் நியாமானதாகும்.

ஒலி தரவுத்தளத்தை செயல்படுத்துவது 4 கட்டங்களில் மேற்கொள்ளப்பட்டது.

1. ஒலிகளைப் பதிவுசெய்தல் (Recording sounds): ஒலிகளைப் பதிவு செய்வது ஒரு இயல்பு தமிழ்மொழி பேசுபவரைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்பட்டது. 30-16000 ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண் பதில் கொண்ட மைக்ரோஃபோன் மூலம் சத்தம் இல்லாத அறையில் இது செய்யப்பட்டது. 16 பிட்கள் பதமாதிரி அளவுடனும் 8 kHz பதமாதிரி அதிர்வெண்ணுடனும் பதிவு செய்யப்பட்டது. பதமாதிரி அதிர்வெண் சிறியது என்றாலும் புரிந்துகொள்ளக்கூடிய குரல் வெளியீட்டை உருவாக்க இது போதுமானதாக இருந்தது.
2. ஒலியன்களைப் பிரித்தெடுத்தல் (Extracting phonemes): பதிவுசெய்யப்பட்ட ஒலி கோப்பு அனைத்து அலகுகளும் (உயிரெழுத்துகள், மெய் மற்றும் மெய்-உயிர் பிரிவுகள்) தொடர்ச்சியான கோப்பாகும். ஒவ்வொரு ஒலியனுக்கும் பொருந்தும் பகுதி இந்த கோப்பிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு ஒரு தனி *.wav கோப்பாக சேமிக்கப்பட்டது. இது ஒலி எடிட்டிங் மென்பொருளான "Sound Forge"ஐப் பயன்படுத்தி செய்யப்பட்டது.

3. இசைமை குறித்தல் (Pitch marking): இதன் பொருள் ஒவ்வொரு ஒலியனின் உண்மையான தொடக்க மற்றும் இறுதி புள்ளியைக் கண்டறிதல் ஆகும். இசைமை குறித்தல்களில் அலைவடிவங்கள் ஒன்றிணைக்கப்படுவதால் இது அவசியம் ஆகும். எனவே ஒவ்வொரு ஒலியனின் தொடக்கமும் முடிவும் கவனமாகக் கேட்பதன் மூலமும் கண்டறியப்பட்டது மற்றும் அந்த இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள பகுதி தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு ஒரு தனி *.wav கோப்பாக சேமிக்கப்பட்டது. அதன்பிறகு தி ஒவ்வொரு ஒலியனின் உண்மையான கால அளவும் “சோதனை மற்றும் பிழை” (“trial and error”) மூலம் தீர்மானிக்கப்பட்டது.

4. ஒலி கோப்புகளைத் திருத்துதல் (Editing sound files): இசைமை குறிக்கப்பட்ட ஒலி கோப்புகள் பெரும்பாலான சந்தர்ப்பங்களில் ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய தரத்தில் இருபதில்லை. எனவே இணைத்தால் அவை ஒரு நல்ல தரமான வெளியீட்டை உருவாக்கும்படி அவற்றின் தரத்தை மேம்படுத்த திருத்த வேண்டும். இந்த கட்டத்தின் போது சத்தம் குறைப்பு வசதிகள் உள்ள “சவுண்ட் ஃபோர்ஜ்” என்பதும் பயன்படுத்தப்பட்டது.

5.3.1.3.2. இணைப்புக் (ஆன்லைன்) கட்டம்

இணைப்பு/ஆன்லைன் கட்டத்தில் நிரல் இருக்கும் போது பின்னணியில் மேற்கொள்ளப்படும் பணிகள் அடங்கும் இயங்குகிறது. இது மூன்று முக்கியமான கட்டங்களை உள்ளடக்கியது, அதாவது உரை பகுப்பாய்வு மற்றும் பாகுபடுத்தல் (text analysis & parsing), மொழி விதிகளின் பிரயோகம் மற்றும் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் உருவாக்க மொழி அலகுகளின் ஒருங்கிணைப்பு என்பன.

உரை பகுப்பாய்வு மற்றும் பாகுப்பாய்வு: இந்த கட்டம் உள்ளீட்டு உரையை பகுப்பாய்வு செய்து ஒற்றை கிளிஃபைக் எழுத்துக்கள், இரட்டை கிளிஃப் எழுத்துக்கள் மற்றும் மூன்று கிளிஃப் எழுத்துக்கள் காண்டுபிடிக்கின்றது. பின்னர் அது உள்ளீட்டு உரையைப் பேச்சின் அடிப்படை அலகுகளின் வரிசையாகப் பிரிக்கின்றது.

மொழி விதியின் பிரயோகம்/பயன்பாடு: உள்ளீட்டு உரையை அதன் அடிப்படை அலகுகளாகப் பிரித்த பிறகு, தரவுத்தளத்திலிருந்து சரியான ஒலியனைப் பிரித்தெடுக்க மொழி விதிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த கட்டத்தில் இயற்கையான ஒலிப்புப் பேச்சை ஒருங்கிணைப்பதற்காக/உருவாக்குவதற்காக மொழி திட்டவட்டமான ஒலிப்பு விதிகள் இணைத்துக்கொள்ளப்பட்டன.

ஒன்றிணைப்பு: இறுதி கட்டத்தின் போது, சரியான வரிசையில் அடிப்படை அலகுகளின் அலைவடிவங்களின் ஒன்றிணைப்பு தேவையான ஒலி அலைவடிவத்தை உருவாக்க மேற்கொள்ளப்படுகின்றது. அடிப்படை அலகுகளின் அலை வடிவங்கள் தரவுத்தளத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு ஒன்றிணைக்கப்படுகின்றன.

5.3.1.3.3. பயனர் இடைமுகம் (User Interface)

விஷுவல் பேசிக் 6.0-ஐப் பயன்படுத்தி ஒரு எளிய வரைகலை பயனர் இடைமுகம் graphical user interface (GUI) உரையிலிருந்து பேசு இயந்திரம் உருவாக்கப்பட்டது. இடைமுகம் தமிழில் உரையை உள்ளிட உரைப் பெட்டியையும் பேச்சு ஒலியை இயக்க பொத்தானையும் கொண்டுள்ளது. உள்ளீட்டு உரை தமிழ் வார்த்தையாகவோ ஒரு எண்ணாகவோ வாக்கியமாகவோ இருக்கலாம். உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றத்தை உருவாக்க உள்ளிடப்பட்ட உரையை சேமித்துவைக்க அல்லது முன் சேமித்துவைத்த உரையைத் திறக்க ஒரு விருப்பத்தை இடைமுகம் பயனருக்கு வழங்குகிறது. “TSC_Avarangal” என்ற தமிழ் எழுத்துரு பயனர் இடைமுகத்தின் உருவாக்கத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டது. “eKalappai 1.0” என்ற மென்பொருள் தமிழ் உரையை உள்ளீடு செய்ய பயன்படுத்தப்பட்டது.

இதைப்பற்றி பின்வருமாறு முடிவுரை தரப்பட்டுள்ளது:

எந்தவொரு தன்னிச்சையான தமிழ் உரையையும் பேச்சுக் கூற்றாக மாற்றக்கூடிய ஒரு உரையிலிருந்து பேசு மாற்று இயந்திரத்தை தமிழ் மொழிக்கு வெற்றிகரமாக உருவாக இயலும் என்பதை இந்தச் செயல்பாடு காட்டுகிறது. தமிழ் மொழியின் அடிப்படை அலகுகளாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட 343 ஒலியன்களால் உருவாக்கப்பட்ட இயந்திரத்தின் பின்தளம் ஒழுங்கமைப்பின் இதயமாக செயல்படுகிறது. “Sound Forge” என்ற ஒலி எடிட்டிங் மென்பொருள் ஒலியன்களை சரியான இசைமையுடன் தயாரிக்கும் போது பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒலியன்களைப் பதிவுசெய்ய 8 kHzஐ விட சிறந்த பதமாதிரி வேகத்தைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் ஒலி வெளியீட்டின் தரம் மேலும் அதிகரிக்க முடியும். உருவாக்கப்பட்ட உரையிலிருந்து-பேச்சு இயந்திரம் கொடுக்கப்பட்ட உரையை அடிப்படை அலகுகளாகப் பிரிப்பது, சரியான ஒலியன்களைப் பிரித்தெடுப்பது, தரவுத்தளத்துடன் பொருந்துவது மற்றும் தேவையான ஒலி அலைவடிவத்தை உருவாக்குவதற்காகச் சரியான வரிசையில் அடிப்படை அலகு அலைவடிவங்களை ஒன்றிணைப்பது என்பனவற்றை வெற்றிகரமாகச் செய்தது. என்ஜினின் முன்

இறுதியில் விஷுவல் பேசிக் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட ஒரு வரைகலை பயனர்கள் இடைமுகம் ஆகும். இது பயனர்கள் தமிழ் உரையை எழுத்துக்களில் அல்லது எண்களில் உள்ளிட அனுமதிக்கிறது. இந்த இடைமுகம் பயனர்களை உரையை பின்னர் சேமித்து மீண்டும் இயக்க அனுமதிக்கிறது. பயனர் இடைமுகத்தை உருவாக்க எழுத்துருவாக “TSC_Avarangal” தமிழ் எழுத்துரு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது.

இந்த ஆய்வில் சரியான ஒன்றிணைப்பிற்காக அடிப்படை ஒலி அலகின் ஒலிப்பு காலத்தைச் சரிசெய்ய முக்கியத்துவம் கொடுக்கப்பட்டது. இருப்பினும், வெளியீட்டை இயற்கையான பேச்சுக்கு நெருக்கமாக மாற்றுவதற்கான இசைமையைச் சரிசெய்தல் மூலம் மேலும் மேம்பாடுகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்.

5.3.2. உதயகுமார் மற்றும் கூட்டாளிகளின் தமிழிற்கான எழுத்திலிருந்து ஒலியனாக மாற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக் கற்றல் (Decision Tree Learning for Automatic Grapheme to Phoneme Conversion for Tamil)

5.3.2.1. முன்னுரை

'தமிழிற்கான எழுத்திலிருந்து ஒலியனாக மாற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக் கற்றல்' உதயகுமாரும் கூட்டாளிகளும் (Udhyakumar et la 2004) தீர்மானக் கிளையமைப்பு கற்றலைப் பயன்படுத்தி தமிழ் எழுத்தை ஒலியனாக ஒரு புதிய அணுகுமுறையை விளக்குகின்றனர். முன்மொழியப்பட்ட இந்த அணுகுமுறை, விதி அடிப்படையிலான அணுகுமுறை போலன்றி பரந்த அளவிலான சூழல் விதிகளை உருவாக்க முடியும்; இதனால் மாற்றத்திற்குச் சிறந்த துல்லியத்தைத் தரும்.

எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம் (Grapheme to phoneme conversion) உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்ற அமைப்புக்கும் பேச்சு அறிதல் அமைப்புக்கும் முக்கியமானது ஆகும். மொழியியலாளர்களால் தயாரிக்கப்பட்ட அகராதிகள் மிகவும் நம்பகமான ஆதாரமாக இருந்தாலும், அவை எந்த மொழியிலும் உள்ள சொற்களின் முழுமையான பட்டியலை உட்படுத்த முடியாததால் அவை ஒருபோதும் முழுமையானவை அல்ல. ஒரு விரிவான அகராதி நிறைய சேமிப்பு இடத்தையும் பயன்படுத்துகிறது. இது பேச்சு தொழில்நுட்பங்களை மாறும் சொல்லகராதி சூழல்களுக்கு பயன்படுத்துவதை கட்டுப்படுத்துகிறது. எனவே எழுத்து வடிவத்திலிருந்து உச்சரிப்பைக் கணிக்கும் மாற்று நடைமுறை அவசியம் ஆகும்.

தானியக்கமாக எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றுவதற்கான பல அணுகுமுறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. ஒலிப்பு மொழிகளால் ஈர்க்கப்பட்டு, எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றுவது பொதுவாக ஒரு குழுவின் விதிகளால் மேற்கொள்ளப்படுகிறது. அவைகளை உருவாக்க நிறைய நிபுணத்துவம் தேவைப்படுகிறது மற்றும் சில நேரங்களில் விதி குறுக்கீடு மற்றும் மிகையைச் சரிபார்க்க கடினமாக உள்ளது. ஆங்கிலம், பிரஞ்சு மற்றும் ஜெர்மன் போன்ற பல மொழிகளில் எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றும் விதிகளுக்கு புள்ளிவிவர மாதிரியமைத்தல் (Statistical modeling) வெற்றிகரமாக பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எழுத்தை ஒலியனாக மாற்றுவதற்கு நரம்பியல் வலைப்பின்னலின் (neural networks) பயன்பாடு ஆராயப்படுகிறது. இந்த அணுகுமுறைகள் விதி எழுதும் நேரத்தைத் தவிர்க்கும்; எனவே பயிற்சிச் செயல்முறையை முழுவதும் தானியக்கமாகச் செய்ய இயலும். எழுத்திலிருந்து ஒலியன் பொருத்தத்திற்கான ஒரு தீர்மானக் கிளை சார்ந்த தானியங்கி இக்கட்டுரையில் ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. இதன் முக்கிய நோக்கம், தமிழ் உரையிலிருந்து பேச்சு மாற்றம் மற்றும் பேச்சு அறிதல் (பேசிலிருந்து உரைக்கு மாற்றம்) ஆகிய பயன்பாடுகளுக்காக தீர்மானக் கிளை அணுகுமுறையைப் பயன்படுத்தி ஒரு தானியங்கி ஒழுங்குமுறைய உருவாக்குவது ஆகும்.

பிற இந்திய மொழிகளைப் போலவே தமிழும் எழுத்துக்கும் ஒலியனுக்கும் இடையில் கிட்டத்தட்ட ஒன்றுக்கு பொருத்தத்தைக் காட்டுகின்றது. இருப்பினும் நேரடியான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் பொருத்தம் சாத்தியம் இல்லை; ஏனென்றால் தமிழ் எழுதுக்கள் சில சூழல்களில் வேறுபட்ட ஒலியை உருவாக்கும். எடுத்துக்காட்டாகக் என்பது கடல் என்பதில் k எனவும் தங்கம் என்பதில் g எனவும் பகல் என்பதில் h எனவும் உச்சரிக்கப்படும். தமிழில் உருபனியல் மற்றும் ஒலியியல் ஆய்வுகள் இந்த வேறுபாடுகள் சில சிக்கலான மொழிச் சீர்மைகளைப் (complex language regularities) பின்பற்றி அமைகின்றன என நிரூபிக்கின்றன. இந்த சீரான தன்மை தீர்மான கிளையமைப்புகள் போன்ற (decision trees) தரவு-இயக்க நுட்பங்களைப் (data-driven technique) பயன்படுத்தத் தூண்டுகிறது. கிளையமைப்புகள் மனித முயற்சியால் ஒலிபெயர்ப்பு செய்யப்பட்ட மிகப் பெரிய அகராதியால் பயிற்சி செய்யப்படவேண்டும். தமிழுக்கு அத்தகைய உச்சரிப்பு அகராதி இல்லை. எனவே உச்சரிப்பு அகராதியை உருவாக்க விதி அடிப்படையிலான ஒழுங்குமுறை இங்கு பயன்படுத்தப் படுகின்றது; இது பின்னர் கையால் திருத்தப்படும்.

கட்டுரை பின்வருமாறு அமையும். பிரிவு 1 அறிமுகம் ஆகும்; பிரிவு 2 தமிழ் எழுத்துமுறை ஒலியன் தொகுப்பு பற்றி விவரிக்கிறது. விதி அடிப்படையிலான மற்றும் தீர்மான கிளையமைப்பு அணுகுமுறைகள் பிரிவு 3 மற்றும் 4இல் முறையே விளக்கப்பட்டுள்ளது. பிரிவு 5 தீர்மானக் கிளையமப்பை பயன்படுத்தி தானியமாக எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றுவதன் முடிவுகளை வழங்குகிறது. இறுதி பிரிவு 6 முடிவுரையாகும்.

5.3.2.2. தமிழ் எழுத்துமுறையும் ஒலித் தொகுதியும்

தமிழ் எழுத்து முறை 12 உயிரெழுத்துக்களைக்களையும் 18 மெய் எழுத்துக்களையும் கொண்டுள்ளது. மெய் எழுத்துக்கள் தனித்தனியாக உயிரெழுத்துக்களுடன் இணைந்து உயிர்மெய் என்ற 216 கூடுதல் எழுத்துக்களின் புதிய தொகுப்பை உருவாக்கும். ஃ என்ற எழுத்துக்கு ஆயுதம் என்ற தனித்துவமான பெயர் உண்டு. தமிழ் ஒலிகள் 43 ஒலியன்களாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அட்டவணை 1 தமிழ் ஒலியன் குழுமத்தின் விவரங்களை அளிக்கிறது.

எழுத்து	ஒலி	எடுத்துக்காட்டு
அ	ax	அம்மா
ஆ	aa	ஆடு
இ	ih	இலை
ஈ	iy	ஈகை
உ	uh	உணவு
	U	
ஊ	uw	தப்பு
எ	ae	எட்டு
ஏ	ey	ஏணி
ஒ	ao	ஒன்று
ஓ	ow	ஓம்
ஔ	aw	ஔ
ஷ்	sh	விஷம்
ஜ்	jh	ஜாதி
க்	k	கல்வி

	g	பங்கு
	hh	பகல்
ங்	ng	தங்கம்
ச்	ch	காட்சி
	s	சங்கு
ஞ்	ny	ஞானம்
ட்	t	அட்டை
	d	வண்டி
ண்	nn	கண்
	tx	தட்டு
	dh	பந்தம்
	T	மதி
ந்	nd	பந்து
	n	நான்
ப்	p	பாடம்
	b	அம்பு
	P	லாபம்
ம்	m	கரும்பு
ய்	y	யமுனை
ர்	r	மரம்
ல்	l	மாலை
வ்	v	வயது
ழ்	lzh	பழம்
ள்	ll	உள்ளம்
ற்	tr	ஒற்றன்
	dr	கன்று
	rr	அறம்
ன்	n	அன்னை

5.3.2.3. விதி அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம் (Rule-based Grapheme to phoneme conversion)

அட்டவணை 1இல் உள்ள எடுத்துக்காட்டுகளிலிருந்து தமிழ் எழுத்துக்களுக்கும் ஒலியன்களுக்கும் இடையே ஒன்றுக்கு ஒன்று ஒரு சிறிய வரைபடம் இல்லை அது தெளிவாகிறது.. இருப்பினும், பெரும்பாலான நேர்வுகளில் இந்த மாறுபாடுகள் சூழலின் அடிப்படையில் குறியத்திறவு செய்யப்படலாம். எனவே வலுவள்ள சூழல் சார் விதிகள் உச்சரிப்பைத் துல்லியமாக கணிக்க வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளது. விதிகள் பார்வை, சூழல் மற்றும் இலக்கு ஒலியன் குறித்த குறிப்பிட்ட மரபுகளைக் கொண்டுள்ளன. எ.கா. விதி மூச்சொலி k (*) \Rightarrow g என்பது k முன்னர் மூச்சொலியும் (எ.கா. ng (ங்)) வேறு ஏது ஒலியாலும் தொடர்ப்படுகையில் பங்கு என்பதில் உள்ளது போல் g ஆக மாறும். எந்த வல்லுநர் அமைப்போலவும் எல்லாத் தொடர்புடைய நேர்வுகளை எதிர்பார்ப்பது கடினமாகும். எடுத்துக்காட்டாக கிராமம் என்பதில் உள்ள k என்பது மூக்கொலி முன் வராமலேயே g என உச்சரிக்கப்படும். இதுபோன்று பந்தம் என்பதிலுள்ள p என்பது மூக்கொலி முன் வராமலேயே b என உச்சரிக்கப்படும். இந்த விதிவிலக்குகள் தனியாக விதிவிலக்கு அகராதியில் சேகரிக்கப்படவேண்டும். பொதுவாக விதிவிலக்கு அகராதிக்கும் விதிகளின் கலவைத்தன்மைக்கும் இடையில் ஈடுகட்டல் இருக்கும். இது எழுத்திலிருந்து ஒலியன் பொருத்தம் மிகச் சிக்கலானது என்பதை நிரூபிக்கும்; இது தீர்மான கிளையமைப்பு போன்ற எந்திரம் கற்றல் வழிமுறைகளுக்கு (machine learning algorithms) இந்த புலத்தைக் கவர்சிகரமாய் ஆக்குகின்றது.

5.3.2. 4. தீர்மானக் கிளையமைப்பு அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்றம் (Decision tree based Grapheme to phoneme conversion)

அண்டை ஒலிகளின் இயல்பு அடிப்படையில் ஒரு ஒலியனின் ஒலியியல் மாறுபாடுகளைக் கண்டுபிடிக்க தீர்மான கிளையமைப்புகள் பயன்படுத்தப்படலாம். இதை எழுத்து வடிவில் அடுத்துவருகிற எழுதுகளுக்கு ஏற்ப விளக்கலாம்; இதையொட்டி இந்த ஒழுங்குமுறை எழுத்துகளை ஒலிபெயர்ப்பை உருவாக்க இந்த ஒலியியல் வேறுபாடுகளை பயன்படுத்த இயலும்.

தீர்மானக் கிளையமைப்புகள் விதிகளையும் முனைகளையும் கொண்ட கணுக்களைக் கொண்டிருக்கும்; அவை இலக்கு வகுப்புகளுடன் புலக்குறிப்பு செய்யப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு

கணுக்களிலும் ஒரு தீர்மான அடிப்படை பொருளை இடது அல்லது வலது துணைக் கிளையமைப்புக்கு ஒதுக்கும். பொருள் ஒரு இலையை அடையும் போது, இந்த இலையின் வகுப்பு புலக்குறிப்பு குறிப்பிட்ட எழுதுப்பெயர்ப்புக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

5.3.2.4.1. வரிசைப்படுத்தும் செயல்முறை

பயிற்சிக்கு முன், ஒவ்வொரு எழுத்தும் அதனுடன் தொடர்புடைய ஒலியுடன் வரிசைப்படுத்தப்படவேண்டும். தமிழில் எழுத்துக்களுக்கும் ஒலிகளுக்கும் இடையே உள்ள வலுவான உறவு காரணமாக, சிக்கலான வரிசைப்படுத்தும் நடைமுறைகள் தேவையில்லை. தமிழில் எழுத்துக் கோர்வைகள் ஒலி வரிசைகளுக்குச் சமமாகவோ அதைவிட நீளமாகவோ இருக்கும். ஒலி வரிசைகளுடன் ஒன்றுக்கொன்றான வரிசைப் பொருத்தத்தைக் கொண்டிருக்க வேண்டி) பொருத்தமான இடங்களில் ஒலியனியல்சார் எப்சிலோன்கள் (பூஜ்யங்கள் செருகப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக சென்னை என்பதிலுள்ள எழுத்து ச் /ch/ எனவோ /s/ எனவோ உச்சரிக்கப்படலாம். நாம் ஒலிக் குழுமத்தில் /ch*s/ என்ற புதிய நுழைவைச் சேர்ப்பதன் மூலம் இந்த நேர்வைச் சமாளிக்கலாம். தொடர்புடைய ஒலியுடன் பொருத்த அனுமதிக்கப்பட்ட ஒலிகளின் தொகுப்பு ஒவ்வொரு எழுத்துக்கும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

5.3.2.4.2. தீர்மானக் கிளையமைப்புகளின் பயிற்சி (Training of decision trees)

அடிப்படை தீர்மானக் கிளையமைப்பு ஆம்-இல்லை என்ற கேள்விகளின் தொகுப்பையும் மற்றும் வேரிலிருந்து கிளையமைப்பை வளர்க்க ஒவ்வொரு கணுப் பிளவிலும் தகவல் ஆதாயத்தை அதிகரிக்க சிறந்த கேள்வியைத் தேர்ந்தெடுப்பதற்கான நடைமுறையையும் கொண்டுள்ளது. இந்த தகவல் என்ட்ரோபி என அளவிடப்பட வேண்டும் (சமன்பாடு 1). தகவல் அதிகரிக்கும் வரையும் - என்ட்ரோபியில் குறையும் வரையும் ஒரு தொடக்க நிலையிலிருந்து விழும் வரைபிளவு தொடர்கிறது (சமன்பாடு 2).

5.3.2.4.3. தீர்மானக்களுக்கான கேள்விகள் (Questions for decision trees)

எழுத்திலிருந்து ஒலி மாற்றத்திற்கான அடிப்படை ஆம்-இல்லை கேள்வி பின்வருமாறு அமையும்: “முதல் இடது எழுத்து ‘n’ என்பதா?”. தமிழில் எழுத்துக்களுக்கான கேள்விகள் ஒலிகளுக்கான கேள்விகளை மிகவும் ஒத்திருப்பதால் அவை சேர்க்கப்படவில்லை. கேள்வி நிலைகளின் வீச்சு நீண்ட தூர ஒலியனியல் மாறுபாடுகளை உட்படுத்தப் போதுமானதாக இருக்க வேண்டும். 5 எழுத்து சாளரம் (இடது சூழலுக்கு 2 மற்றும் வலது சூழலுக்கு 2) பொதுவாக

போதுமானது என்று கண்டறியப்பட்டுள்ளது. ஒரு பழமையான தொகுப்பு என்பது அனைத்து சிங்கிள்டன் கேள்விகளின் (ஒற்றை எழுத்து/நெடுங்கணக்கு பற்றிய கேள்வி) தொகுப்பாக (set) இருக்கும். எளிமையான கேள்விகளை மட்டுமே அனுமதிப்பதில் ஒரு சிக்கல் இதன் விளைவாக வெவ்வேறு இடங்களில் ஒரே இலைகள் விளையும் படி தரவு அதிகமாகத் துண்டு படுத்தப்படலாம். வெவ்வேறு கணுக்களில் தரவைப் பிரிப்பது மிகை/தேவையற்ற கொத்துகளுக்கும் குறைக்கப்பட்ட பயிற்சிக்கும் குறைந்த துல்லியம் என்ட்ரோபி குறைப்புக்கும் வழிவகுக்கும்.

ஒலிப்புடன் தொடர்புடைய கேள்விகளுடன் "இடது எழுத்து ஒரு மூக்கொலியா?" போன்ற சிக்கலான கேள்வி கணுவை ஒரு அனுமதித்தால் கிளையமைப்பின் ஆழம் பெரிதும் குறைக்கப்பட்டு செயல்திறன் மேம்படுத்தப்படும் என்பது உற்றுநோக்கப்பட்டது. சிக்கலான கேள்விகள் தீர்மான கிளையமைப்பு வழிமுறை பேராசை தன்மையால் ஏற்படும் தரவை துண்டுபடுத்தும் சிக்கலைத் தணிக்கும். உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள், மூக்கொலிகள், அடைப்பொலிகள், உடன்படுத்திகள் மற்றும் வளைநா ஒலிகள் ஆகியவை ஒலிக் கொத்துகளின் சில கலப்பு கேள்விகளை உருவாக்க பயன்படுகிறது.

5.3.2.4.4. ஒலி வரிசைகளின் உருவாக்கம் Generation of phone sequences

தீர்மானக் கிளையமைப்புகள் பயிற்சி பெற்ற பிறகு, சொற்றொகையில் உள்ள சொற்களுக்கான ஒலி வரிசைகளை உருவாக்குவதற்கு அவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். ஒவ்வொரு வார்த்தைக்கும், ஒரே நேரத்தி் சொல்லின் இடமிருந்து வலமாகச் செல்வதன் மூலம் ஒரு ஒலியன் வரிசை உருவாக்கப்படுகிறது. சூழல் தகவல் அடிப்படையில் வேர் கணுவிலிருந்து தொடங்கி கிளையமைப்பு கடந்துசெல்லப்படுகிறது. ஒரு இலையை அடைகிறது வரை நிரல் (program) கிளையமைப்பு வழியாகச் செல்கிறது; இலையை அடையாளம் காணுதல் தற்போதைய எழுத்தின் ஒலிபெயர்ப்பாகும். பின்னர் செயல்முறை இதேபோன்று அடுத்த எழுத்துக்கு நகர்கிறது. ஒரு வேளை போலி ஒலியனாக இருந்தால் இறுதி ஒலிபெயர்ப்பை அடைய மாற்று உச்சரிப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றது. எ.கா. சென்னை /ch*s ae n h ax y / என்பது /ch ae n h ax y / மற்றும் / s ae n h ax y / ஆக விரிவாக்கப்படுகிறது.

5.3.2.5. சோதனைகள்

சோதனைகளுக்கு EMILLE விரிதரவு/தரவுத்தொகுதி (corpus) பயன்படுத்தப்பட்டது. இந்த தரவுத்தொகுதி யூனிகோடால் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ளது மற்றும் மென்பொருளால்

எளிதாக கையாளப்படுவதற்காக ஆஸ்கி போன்ற உருப்படுத்ததிற்கு மாற்றப்பட்டது. தரவுத்தொகுதியிலிருந்து 85,000 சொற்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டது மற்றும் தீர்மானக் கிளையமைப்புக்கு பயிற்சி கொடுக்க அகராதியை உருவாக்கப்பட்டது. தீர்மானக் கிளையமைப்புகள் நியூசிலாந்திலுள்ள வைகாடோ பல்கலைக்கழகத்தால் (University of Waikato, New Zealand) உருவாக்கப்பட்ட இயந்திர கற்றல் வழிமுறைகளுடன் சோதனைக்கான கருவியான வெக்காவைப் (Weka) பயன்படுத்தி செயல்படுத்தப்பட்டது.

5.3.2.5.1. விதி அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு

எளிய எழுத்து-ஒலியன் சார்புகளைக் கண்டுபிடிக்க மொழியியல் விதிகள் அடிப்படையில் ஒன்று வலது ஒன்று இடது சூழலைப் பயன்படுத்தி விதி அடிப்படையிலான அமைப்பு தயாரிக்கப்பட்டது. ஒரு எழுத்து இடைவெளியைத் தாண்டி விதிகளைக் கண்டுபிடிப்பது விதி அடிப்படையிலான ஒழுங்கமைப்பில் மிகவும் கடினம். ஒழுங்குமுறை அதன் துல்லியதிற்கு பரிசோதிக்கப்பட்டு அட்டவணை 2 இல் பட்டியலிடப்பட்டுள்ளது.

5.3.2.5.2. தீர்மானக் கிளையமைப்பு அடிப்படையிலான எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற ஒழுங்கமைப்பு

ஒலிபெயர்ப்பைத் உருவாக்குவதற்காக கைமுறையாக உருவாக்கப்பட்ட அகராதியைப் பயன்படுத்தி தீர்மானக் கிளையமைப்புகளுக்குப் பயிற்சி அளிக்கப்படுகின்றன. ஆரம்பத்தில் விதி அடிப்படையிலான அமைப்பைப் பயன்படுத்தி பூட்ஸ்ட்ராப் செய்யப்பட்டது மற்றும் ஒரு வல்லுன மொழியியலாளரால் கைமுறையாக சீர்படுத்தப்பட்டது. முதலில், தீர்மானக் கிளைகளை உருவாக்க எழுத்து அடையாளத்தைப் பற்றிய சிங்கிள்டன் கேள்விகள் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒழுங்கமைப்பு பரிசோதிக்கப்பட்டது மற்றும் துல்லியம் விதி அடிப்படையிலான அணுகுமுறையுடன் ஒப்பிடப்பட்டது.

மேலும், துல்லியத்தை அதிகரிக்க, மூக்கொலிகள் முன் உயிரொலிகள், பின் உயிரொலிகள், மெய்யொலிகள், அடைப்பொலிகள் போன்ற ஒலியனககளின் ஒலிப்பு ஊக்கமளிக்கும் கொத்துகள் உருவாக்கப்பட்டது மற்றும் அவை கிளையமைப்புகளுக்குப் பயிற்சியளிக்க கேள்விகளாக (சிக்கலான கேள்விகள்) பயன்படுத்தப்பட்டன. அட்டவணை 2 இந்த சோதனைக்கான செயல்திறன் முடிவுகளை பட்டியலிடுகிறது.

எழுத்திலிருந்து ஒலியன் மாற்ற	சொல் நிலை	ஒலி நிலை
ஒழுங்கமைப்பு		
விதி அடிப்படையிலானது	94%	95.5%
தீர்மானக்கிளையமைப்பு	96.5%	98%
சிங்கிள்டன் கேள்விகள்		
தீர்மானக்கிளையமைப்பு	98%	98.5%
கலவைத்தன்மையான		
கேள்விகள்		

5.3.3 அருண்குமாரின் தமிழ் உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை

அருண்குமார் (2010) 'தமிழ் உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை' (Text to speech for Tamil) என்ற அவரது ஆய்வேட்டில் ஆய்வில் தமிழ் உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை பற்றி விரிவாக பேசுகின்றார். தற்போதைய உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை ஆய்வு இதற்கு முன் செய்யப்பட்ட உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளைக் கருத்தில் கொண்டு அவற்றைவிட மேம்பட்ட ஒழுங்குமுறையை உருவாக்கும் எண்ணத்தில் திட்டமிடப்பட்டு நடைமுறை படுத்தப்பட்டுள்ளது என்று அவர் வாதாடுகின்றார். இது கணிபொறி திரையில் படிப்பதைவிட கேட்பதை விரும்புவவர்களுக்கும் டிஜிட்டல் நூல்களைப் படிக்க விரும்பாமல் கேட்க விரும்புவவர்களுக்கும் கணிபொறி திரையில் படிக்க இயலாக் குறைபாடு உடையவர்களுக்கும் உதவும் நோக்கத்துடன் மேற்கொள்ளப்பட்டது. இது குறித்து இப்பகுதியில் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

5.3.3.1 ஒழுங்குமுறைத் திட்டவரைவு (system design)

ஒழுங்குமுறை திட்டவரைவு ஒழுங்குமுறையின் மேலோட்டப் பார்வை, ஒழுங்குமுறை கட்டமைப்பு இவற்றை உட்படுத்தும்

5.3.3.1.1 ஒழுங்குமுறையின் மேலோட்டப் பார்வை

இந்த ஒழுங்குமுறை தட்டச்சு செய்யப்பட்ட தமிழ் சொற்களையோ புரிந்துகொள்ளும் மற்றும் அதற்குப் பொருத்தமான பேச்சை உருவாகும். இவ்வொழுங்குமுறையின் அமைப்பு பின்னர் தரப்பட்டுள்ளது. இந்த ஒழுங்குமுறை இரண்டு நிலைகளைக் கொண்டது.

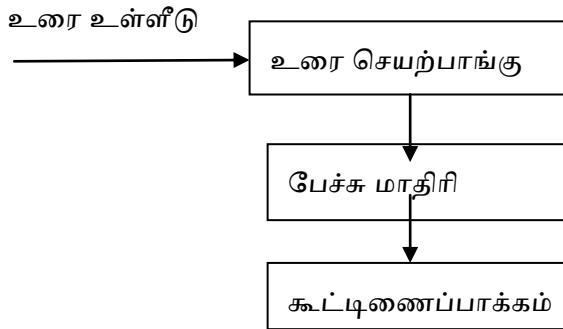
- உரை பகுப்பாய்வு நிலை (Text processing)
- இணைப்பாக்க நிலை (Concatenative phase)

கீழே தரப்பட்ட ஒழுங்குமுறைக்கு உள்ளீடு நேரடியாகத் தர இயலாது; சில உரை பகுப்பாய்வு செய்யப்படவேண்டும். பின்னர் இந்த பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்ட உள்ளிடப்பட்ட உரை பேச்சு செயற்பாங்கிற்கு உள்ளீடாகத் தரப்படும். செயற்பாங்கு முழுவதையும்முடித்தபின்னர் செயற்பாங்கு செய்யப்பட்ட உள்ளீடு உரை அடிப்படையில் தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பொருத்தமான பேச்சு கோப்பு எடுக்கப்படவேண்டும். ஒவ்வொரு ஒலியன் அல்லது ஒலியிருமையும் ஒரு தனி பேச்சு கோப்பு தரும்படி இணைக்கப்பட வேண்டும். பேச்சு கோப்பின் இந்த ஒன்றிணைப்பு செயற்பாங்கு ஒன்றிணைப்பு நிலையில் செய்யப்படுகின்றது.

5.3.3.1.2 ஒழுங்குமுறை கட்டமைப்பு (system architecture)

உரையின் செயற்பாங்கு பெர்ல் வழிமுறை திட்டத்தை பயன்படுத்தி (Per program) நிறைவேற்றப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு செயற்பாங்கிற்கும் அடிப்படையான நடைமுறை ஒழுங்குமுறைக்கு ஒருகட்டமைப்பை உருவாக்குவதாகும்; ஏனென்றால் அது ஒரு கட்டடத்தின் வரைபடம் போன்றது. உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் கட்டமைப்பு படம் 1-இலும் 2-இலும் காட்டப்பட்டுள்ளது.

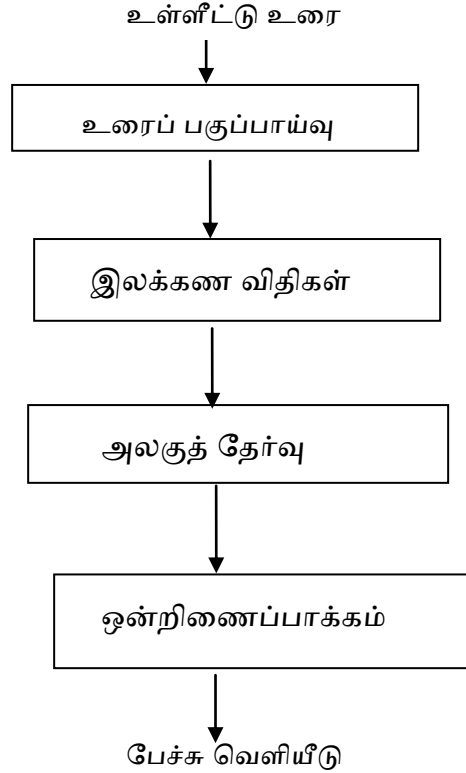
படம் 1: உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் அடிப்படை அமைப்பு



இந்த பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை பலவகை பயன்பாடுகளைக் கொண்டது. பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கிகள் பேச்சுப் புரிவான்களிலும் தொலைபேசி அடிப்படையிலான மக்களுடன் கருத்தாடல் செய்யும் கருத்தாடல் செயலர்களிடையேயும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கிகள் மக்களிடம் பேசும் கருத்தாடல் அல்லாத பயன்பாடுகளான பார்வை

குறைபாடுள்ளவர்களுக்கு உரக்கப் படித்தல், வீடியோ விளையாட்டுகள் அல்லது குழந்தைகளின் பொம்மைகள் இவற்றில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. இறுதியாக பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கி நரம்பு கோளாறு காரணமாகப் படிக்க இயலாதவர்களுக்கு வேண்டி பேச இயலும்.

படம் 2: உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பில் உள்ள செயற்பாங்குகள்



5.3.3.1.2.1 பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கச் செயற்பாங்கு

உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் முக்கியமான செயற்பாங்கு உள்ளீட்டு உரையைப் பேச்சுக் கோப்புகளாக மாற்றுவதாகும். இந்த ஒழுங்குமுறையில் தமிழ் உரையை தமிழ் உரையாக மாற்றும் செயற்பாங்கு நிறைவேற்றப்படுகின்றது. இதை கீழே தரப்பட்டுள்ள எடுத்துக்காட்டிலிருந்து புரிந்துகொள்ள இயலும். பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கியின் செயற்பாடு பின்வருமாறு உரையை அலைவடிவில் மாற்றுவதாகும்.

தமிழ் மொழி இனிமையானது.



பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்க ஒழுங்குமுறை இரண்டு நடவடிக்கைகளை உள்ளடக்கும்:

1. முதலில் உள்ளீட்டு உரையை ஒலியனியல் அக உருப்படுத்தத்தமாக (phonemic internal representation) மாற்றுவது.
2. பின்னர் இந்த அக உருப்படுத்ததை அலைவடிவமாக மாற்றுவது.

முதல் நடவடிக்கை உரை ஆய்வு என்றும் இரண்டாம் நடவடிக்கை அலைவடிவ கூட்டிணைப்பாக்கம்.

5.3.3.1.2.2 உரைச் செயற்பாங்கு (text processing)

ஒலியனியல் அக உருப்படுத்தத்தை உருவாக்க வேண்டி பல வழிகளில் பக்குவப்படுத்தப்படாத உரை செயற்பாங்கிற்கு உட்படுத்தப்பட வேண்டு அல்லது இயல்பாக்கப்படவேண்டும். முதல் செயல்பாடு உரை இயல்பாக்கம் வாக்கியத்தை டோக்கன்களாகப்/கூறுகளாகப் பிரித்தல். கூட்டிணைப்பக்கத்திற்கு வேண்டி பத்தியை தனி கூற்றுகளாகப் பிரிப்பதற்கு வாக்கியம் முழுப்புள்ளிக்குப் பிறகு முடிகின்றது என்று அறியவேண்டும்; ரூ. என்ற கூற்றில் வரும் ரூ-வுக்குப் பிறகு வரும் புள்ளிக்குப் பிறகல்ல. ஒரு முழுப்புள்ளிக்கு மாறாக காற்புள்ளி நிறுத்தற்குறியாக வந்தாலும் சேகரிக்கப்பட்ட சொற்களின் இறுதியில் வாக்கியம் முடிகின்றது என்றும் அறிய வேண்டும். இரண்டாவது இயல்பாக்கச் செயற்பாடு நிலைபேற்ற சொற்களைக் கையாளுதல். நிலைபேற்ற சொற்கள் எண்கள், தலைப்பெழுத்தன்கள், சுருக்கச்சொற்கள் போன்றவற்றைக் கையாளுதல். எடுத்துக்காட்டாக 'மார்ச் 31' என்பது 'மார்ச் மூன்று ஒன்று' என்றல்லாமல் மார்ச் முப்பத்தொன்பது என்று மாற்றப்படவேண்டும். 'ரூ 1' என்ற சுருக்கம் 'ரூ ஒன்று' என்றல்லாமல் 'ரூபாய் ஒன்று' என்று மாற்றப்படவேண்டும். உரை இயல்பாக்கத்தில் இரண்டாவது நடவடிக்கை நிலைபேறல்லாத சொற்களை இயல்பாக்குதல். எண்கள் அல்லது சுருக்கச் சொற்கள் அவை பேச்சாக மாற்றப்படும் முன்னர் விரிவாக்கப்படவேண்டும்.

எனவெ நாம் தமிழின் தனி எழுத்துக்களை ஒலிப்பதிவு செய்வதற்குப் பதிலாக எழுத்துக்களின் அதாவது ஒலியிருமைகளின் ஒன்றிணைப்புகளை பதிவுசெய்கின்றோம். இவ்வாறு செய்வது ஒழுங்குமுறையின் இயல்புத் தன்மையை மேம்படுத்தும்.

5.3.3.1.2.3. இலக்கண விதிகள்

உரைச் செயற்பாங்கிற்குப் பின்னர் நமக்கு செயற்பாங்கிற்கு உட்படுத்தப்பட்ட தமிழ் உரை கிடைக்கப்பெறும். அதை நேரடியாக மாற்றச் செயற்பாங்கிற்குத் தர இயலாது. தமிழ் உரை ரோமன் வடிவுக்கு மாற்றப்படவேண்டும். ஏனென்றால் கணிப்பொறி தமிழ் தரவை அப்படியே செயற்பாங்கு செய்ய இயலாது; எனவே மாற்றம் கட்டாயம் செய்யப்படவேண்டும். தமிழில் எழுத்துக்கள் வெவ்வேறு இடங்களில் வேவேறுவிதமாக உச்சரிக்கப்படுகின்றன.

மயக்கம் அடிப்படையில் தமிழ் ஒழுங்குமுறையை அமைப்பது ஆங்கில ஒழுங்குமுறையை அமைப்பதைக் காட்டிலும் எளியதாகும். ஆங்கில எழுத்துமுறை நெடுங்கணக்கு அடிப்படையிலானது; எழுத்துக்கும் உச்சரிக்கும் நேரடித் தொடர்பு இல்லை; பல எழுத்துக்களுக்கு உச்சரிப்பு இல்லை. எடுத்துக்காட்டாக ஆங்கிலத்தில் thought என்ற சொல்லை எடுத்துக்கொண்டால் சில எழுத்துக்களுக்கு நேரடி உச்சரிப்பு இல்லாததை அறிய இயலும். தமிழ் எழுத்துக்கள் அசை அடிப்படையிலானவை; எழுத்துக்களுக்கு நேரடி உச்சரிப்பு இருக்கின்றது. தமிழில் உள்ள எல்லா சொற்களையும் உச்சரிக்கத் தமிழுக்குக் குறைவான எழுத்துக்களே தேவைப்படும்; ஆனால் எழுத்துக்களின் உச்சரிப்பு அவை வரும் இடம் அடிப்படையில் மாறும். இதை ஒலியனியல் விதிகளால் அல்லது இலக்கண விதிகளால் கையாளலாம். இந்த விதிகளைக் கொண்டு நம்மால் வரும் இடம் அடிப்படையில் தமிழ் எழுத்துக்களின் உச்சரிப்பை ஊகிக்க இயலும். இந்த செயற்பாங்கு இலக்கணத் தொகுதியில் செய்யப்படும்.

5.3.3.1.2.4 பேச்சு தரவு அடிப்படைத்தளம்

தமிழில் உள்ள எல்லா எழுத்துக்களும் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டு தனியே ஒரு தரவு அடிப்படைத் தளத்தில் வைக்கப்படவேண்டும். உரை/பனுவல் செயற்பாங்கு, இலக்கண மாற்றம், ரோமன் எழுத்துக்கு மாற்றம் இவற்றிற்குப் பிறகு ஒழுங்குமுறை பேச்சு தரவு அடித்தளத்திலிருந்து

பொருத்தமுள்ள பேச்சுக் கோப்பை எடுக்கவேண்டும். தமிழ் எழுத்துக்களின் பேச்சு ஒலிகளின் ஒலிப்பதிவு கூடுதல் குறிகை செயற்பாங்கிற்குவேண்டி சில தேவைகளை அவசியப்படும்.

ஒலிப்பதிப்பு ஒலிப் பாதுகாப்பு அறையில் செய்யப்படவேண்டும்; தமிழ் எழுத்துக்களின் உச்சரிப்பு சிறப்பாக இருக்கவேண்டும்; பேச்சுக் கோப்பில் இரைச்சலைத் தவிர்க்க நல்ல ஒலிவாங்கி பயன்படுத்தப்படவேண்டும். பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாகத்தில் துல்லியம் பேச்சு வெளியீட்டை இயற்கைத் தன்மை அடிப்படையில் கணிக்கப்படுகின்றது. எனவே தமிழின் தனி எழுத்துக்களை ஒலிப்பதிவு செய்வதற்குப் பதிலாக நாம் எழுத்துக்களின் ஒன்றிணைப்பை அதாவது ஒலியிருமையை ஒலிப்பதிவு செய்கின்றோம். இது உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் தரத்தை உயர்த்தும்.

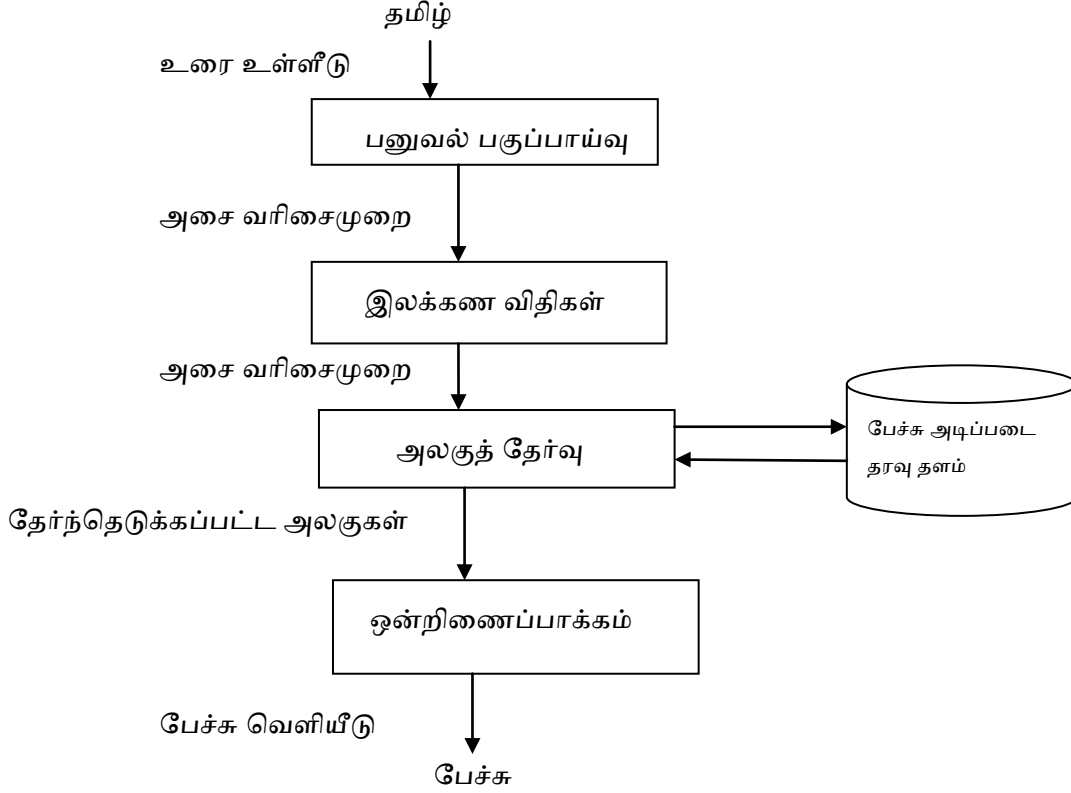
5.3.3.1.2.5 ஒன்றிணைப்பாக்கம்

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் இறுதி நிலை ஒன்றிணைப்பாக்கம் ஆகும். இது இயல்பான வடிவைப் பெற்ற பின் தரவு அடித்தளத்திலிருந்து பொருத்தமான பேச்சு கோப்பைப் தெரிந்தெடுப்பதையும் இந்த எல்லா பேச்சுக் கோப்புகளையும் ஒரே கோப்பாக ஒன்றிணைப்பதையும் உட்படுத்தும். ஒன்றிணைப்பக்கச் செயற்பாங்கு மேட்லாபின் வழிமுறை திட்டத்தின் உதவியால் நடைமுறை படுத்தப்படும். இரண்டு பேச்சுக் கோப்புகளை ஒன்றிணைக்கும் போது ஏற்படும் தடுமாற்றத்தைத் தவிர்க்க மேட்லப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

5.3.3.2. நடைமுறைப்படுத்தல்

தமிழில் உரைலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கத்தை ஒன்றிணைப்பு நெறிமுறையைப் பயன்படுத்தி நடைமுறைப் படுத்தும் முறை பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறையின் தொகுதிப் படம்



5.3.3.2.1. உரைப் பகுப்பாய்வு

உள்ளீடு செய்யப்பட்ட தமிழை அலகுத் தேர்வுக்கு நேரடியாகத் தர இயலாது; பதப்படுத்தப்படாத உரை/பனுவல் செயல்முறை படுத்தப்படவேண்டும் மற்றும் அது மேலும் செயல்முறைப் படுத்தலுக்குத் தரப்படும். உரையிலிருந்து/பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்கமைப்புக்கு நாம் உள்ளீட்டை அசைகளாக அவசியப்படுகின்றோம். சொல் அசைகளின் வரிசையாகத் தரப்படும் போது இந்த ஒழுங்கமைப்பு எங்கே பிரிக்கவேண்டும் என்று அறியாது; எனவே இந்த வரிசை அசையாக்கத்தை செய்ய நாம் இயந்திரத்திற்கு சொல்லையோ வாக்கியத்தையோ எங்கே பிரிக்கவேண்டும் என்று சொல்ல வேண்டும்.

5.3.3.2.1.1 முன்செயல்முறைப் படுத்தம்

அசைபிரிப்பு செயல்முறை படுத்தத்திற்குத் தருவதற்கும் முன் சில முன்செயல்முறைப்படுத்தம் செய்யப்படவேண்டும். அதாவது சொற் பிரிப்பு செய்யப்படவேண்டும். பனுவல் இயல்பாக்கத்திற்கு முதல் செயல்பாடு வாக்கியத்தைச் சொற்களாகப் பிரிப்பதாகும். கூட்டிணைப்பு உருவாக்கத்திற்கு வேண்டி தமிழ் பத்திகளைத் தனித்தனிக் கூற்றுக்களாகப் பிரிப்பதற்கு முதல் வாக்கியம் முற்றுப் புள்ளிக்குப் பின்னர் முடிவடையும் என்றும் முற்றுப்புள்ளி அல்லாத தா.நா... போன்றவற்றில் உள்ள புள்ளிகளில் முடிவுறாது எனவும் தெரிந்துகொள்வது அவசியம். சொல்லைப் பிரித்தெடுப்பது ஓரவுக்கு எளிது; அதாவது பெரும்பாலான வாக்கியங்கள் முற்றுப் புள்ளியில் முடிவுறும். இருப்பினும் இது சுருக்கக் குறியீடுகளாலும் அரைப்புள்ளிகளாலும் அல்லது முந்தைய நேர்வைப் போன்று பிற நிறுத்தற் குறிகளாலும் முடிவுறும் சில நேர்வுகள் உள்ளன.

சுருக்கக்குறியீடுகளை விரிவாக்கியும் தேவையற்ற நிறுத்தற் குறிகளை நீக்கியும் இச்சிக்கலுக்குத் தீர்வுகாண இயலும். எடுத்துக்காட்டாக பின்வரும் வாக்கியத்தை எடுத்துக்கொள்வோம்.

அவன் வீடு சென்றான்.

இவ்வாக்கியத்தை முழுப்புள்ளி/முற்றுப்புள்ளியுடன் தொடர்புபடுத்திச் சொற்களைத் தனித்தனியாகப் பிரிக்க இயலும்; எனவே இவ்வாக்கியத்தில் சொற்களைப் தனித்தனியாகப் பிரிப்பதில் சிக்கல் இல்லை. ஆனால் பின்வரும் வாக்கியம் சிக்கல் உள்ளதாகும்.

அவன் தா.நா. சென்றான்.

இவ்வாக்கியத்தில் சுருக்கக் குறியீடுகள் வருகின்றன; அவற்றின் பின் முழுப்புள்ளி வருகின்றன. சுருக்கக்குறியீடுகளை விரிவாக்கி இச்சிக்கலைத் தீர்க்கலாம். இதனால் இதை முந்தைய நேர்வைப் போன்று சொற்களாகப் பிரிக்க இயலும். எல்லா தமிழ் சுருக்கக் குறியீடுகளையும் விரிவாக்க இயலாது; ஏனென்றால் சில அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சுருக்கக்குறியீடுகள் தனி தரவு அடித்தளத்தில் சேகரிக்கப்பட்டிருக்கும். அந்த சுருக்கக் குறியீடு இருந்தால் ஒழுங்கமைப்பு பனுவலை இடம்பெயர்க்கும்; இல்லாவிடில் அது மூலப் பனுவலை அவ்வாறே விட்டுவிடும். எல்லா சுருக்கக்குறியீடுகளையும் தரவு அடித்தளத்தில் சேர்ப்பது கடினம்; எனவே சில அதிகமாகப்

பயன்படுத்தப்படும் சுருக்கக் குறியீடுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பின்வருவன எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

தா.நா. → தமிழ் நாடு

ரூ. → ரூபாய்

குழப்பத்தைத் தவிர்க்கவும் பேச்சில் இயற்கைத்தன்மை கெடாதிருக்கவும் தரப்பட்டுள்ள தமிழ் பத்தியிலிருந்து தேவையற்ற நிறுத்தற் குறியீடுகள் (:, ;, “, ‘ போன்றன) நீக்கப்படவேண்டும். உள்ளீட்டின் ஒவ்வொரு பனுவலும் ஒன்றிணைப்புக்கு வேண்டி ஏதாவது ஒலி கோப்புக்கு ஒதுக்கப்படவேண்டும். நாம் இந்த நிறுத்தற்குறிகளை வைத்திருந்து அவற்றிற்கு ஏதாவது பேச்சுப் பனுவல் ஒதுக்கினால் அது இறுதி வெளியீட்டுப் பேசுக் கோப்பின் இயல்பின்மைக்குக் கொண்டுசெல்லும். தரப்பட்ட வழிமுறைவரைவு இவற்றையெல்லாம் செய்யும் மற்றும் அது உள்ளீட்டுப் பனுவலில் உள்ள இடைவெளிகளுக்கு @ குறியீட்டை ஒதுக்கும். சில பத்திகளில் கூடுதல் இடைவெளி இருக்கும் மற்றும் அதிகப்படியான நிறுத்தற்குறிகள் இருக்கும்; நிறுத்தற்குறி வெற்று இடைவெளியாக ஆக்கப்படும் மற்றும் ஒரு தனி இடைவெளியாகக் கூடுதல் இடைவெளிகள் ஆக்கப்படும். இறுதியாக இடைவெளிகளுக்கு @ குறியீடு ஒதுக்கப்படும்; இந்த @ குறியீடு மாட்லாபில் மெளனமாக ஒதுக்கப்படும். இது மேலும் வரும் செயல்முறையில் உதவியாகா இருக்கும்.

பனுவல் வழமையாக்குவதில் அடுத்த நடவடிக்கை தரமற்ற சொற்களை வழமையாக்குவதாகும். எண்கள் அல்லது சுருக்கக் குறியீடுகள் போன்று தரமற்ற சொற்கள் டோக்கன்களாகும்; அவைகள் உச்சரிக்கப்படுவதற்கு முன்னர் தமிழ்ச் சொற்களின் வரிசையாக விரிவாக்கப்பட வேண்டும். இந்த தரமற்ற சொற்களைப் பற்றிய சிக்கல் என்னவென்றால் அவை பெரும்பான்மையும் மயக்கம் உள்ளவை. எடுத்துக்காட்டாக 1750 என்ற எண் சூழல் அடிப்படையில் குறைந்தது மூன்று வேறுபட்ட வழிகளில் பேசப்பட இயலும்.

பதினேழு ஐம்பது.

ஆயிரத்து எழுநூற்றி ஐம்பது.

மூன்று ஏழு ஐந்து பூஜியம்.

இவ்வெல்லா நேர்வுகளுக்கும் ஒரு தனியான நெறிமுறையைக் கருத்திற்கொண்டு இச்சிக்கலைக் கையாளலாம். தமிழுக்கு எண் ஒழுங்கமைப்பு பைத்தான் குறியினில் ஏற்கனவே

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankaravelayuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இது நூற்றுக்கு நூறு துல்லியத்தைத் தரும்; இதைப் பனுவலிலிருந்து பேச்சு ஒழுங்குமுறையில் உட்படுத்த இயலும்; அனால் இது ஒழுங்குமுறையைத் தாமதப்படுத்தும்.

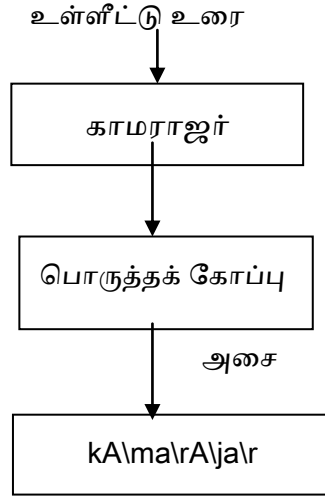
5.3.3.2.1.2 அசை பிரித்தல் (Syllabification)

இதைப் பல வழிகளில் செய்ய இயலும்; எடுத்துக்காட்டாக அசைப்பிரித்தல் வழிமுறைவரைவு ஒரு சொல்லைக் குறைந்த எண்ணிக்கையிலான பிரிப்புகள் வரும்படி சொல்லைப் பிரிக்கும்; ஏனென்றால் குறைந்த எண்ணிக்கையிலான ஒன்றுசேர்ப்புகள் குறைந்த செயற்கை விளைவுகளைக் கொண்டிருக்கும். வழிமுறைவரைவு சொல்லை உருவாக்கும் பல்லசை அலகுகளுக்கு வேண்டி தேடும்; அலகுகளின் கண்டுபிடிப்புக்கு வேண்டி தரவு அடித்தளத்தை மீண்டும் சரிபார்க்கும்; பின்னர் சொல்லை அதன்படி பிரிக்கும். பல்லசை அலகுகள் கிடைக்காவிடில் வழிமுறைவரைவு இயல்பாகச் சிறிய அலகுகளை எடுக்கும். இதன் அர்த்தம் அசை அலகுகளுடன் மொழியின் எல்லா ஒலிகளாலும் தரவு அடித்தளம் நிறைக்கப்பட்டால் வழிமுறைவரைவு பெரிய அலகுகள் கிடைக்காவிடில் ஒலிகளைத் தெரிவுசெய்யும்.

ஆனால் தற்போதைய ஒழுங்கமைப்பில் இந்த நெறிமுறை பின்பற்றப்படவில்லை; மாறாக தமிழ் எழுத்துக்களைக் கொண்டிருக்கும் பொருத்தக் கோப்பு (mapping file) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. உள்ளீடு செய்யப்பட்ட தமிழ் எழுத்துக்களுக்குப் பதில் தொடர்புள்ள உரோமன் எழுத்துக்கள் எடுக்கப்பட்டு அசைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. இந்தப் பொருத்தக் கோப்பில் முக்கிய செய்தி எழுத்துக்களின் வரிசை தமிழ் எழுத்துக்களின் நீளம் அடிப்படையில் அமைய வேண்டும். எழுத்துக்கள் தேவைப்படும் முறையில் வரிசைப்படுத்தப்படாவிடில் ஒழுங்கமைப்புத் தவறு நிகழும் மற்றும் வெளியீடு கிடைக்கப்பெறாது.

எடுத்துக்காட்டாக உள்ளீடாக *அம்மா* என்ற தமிழ்ச் சொல் இருந்தால் *அ* மற்றும் *ம்* என்பன சிக்கல் வாய்ந்தன அல்ல. *ம* என்பது *மா* முன் வந்தால் பெரிய சிக்கல் வரும். வழிமுறைவரைவு *ம*-க்கு வேண்டி தேடும்; பின்னர் *மா-ஐ* *ம-ஆக* இடம் பெயர்க்கும். இதனால் ஒரு புரிந்துகொள்ளப்படாத எழுத்து வரும்; எனவே ஒழுங்கமைப்பு அலகுத் தேர்வுக்கு வேண்டி இதைச் செயற்பாங்கு செய்ய இயலாது; எனவேதான் எழுத்துக்களின் வரிசை முறை கட்டாயம் ஆகும்.

காமராஜர் என்ற சொல்லின் அசை பிரிப்பு



தமிழ் எழுத்து-உரோமன் எழுத்துப் பொருத்தம்

தமிழ் எழுத்து	உரோமன் எழுத்து
இ	i
ஈ	l
உ	u
ஊ	U
எ	e
ஏ	E
ஐ	ai
ஓ	o
ஔ	O
ஒள	au
ஐ	q
க	ka
ங	nga
ச	sa
ஞ	nja
ட	da

ண	Na
த	tha
ந	wa
ப	pa
ம	ma
ய	ya
ர	ra
ல	la
சா	sA
சி	si
சீ	sl
சு	su
சூ	sU
செ	se
சே	sE
சை	sai
சொ	so
சோ	sO
சௌ	sau

தொடர்புள்ள உரோமன் எழுத்துடன் பொருத்தப்பட்டுள்ள தமிழ் எழுத்து பொருத்தக் கோப்பின் பாகமாகும். இதில் எழுத்துக்கள் எல்லாம் நீளம் அடிப்படையில் வரிசைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

5.3.3.2.2. இலக்கண விதிகள்

தமிழில் பனுவல் வடிவமைப்பில் உள்ள ஒரே எழுத்து அவை வரும் வேறுபட்ட இடங்கள் அடிப்படையில் வேறுபட்ட உச்சரிப்புகளைக் கொண்டிருக்கும். இதைப் பல வழிகளில் தீர்வு காணலாம்: விதிகளை எழுதியோ அல்லது எஸ்.வி.எம். வழிமுறைவரைவு, எச்.எம்.எம் போன்ற இயந்திரம் கற்றல் அணுகுமுறைகளில் ஒன்றாலோ தீர்வுகணாலாம். இயந்திரம் கற்றல் அணுகுமுறையைப் பயன்படுத்தும் முந்தைய பல அணுகுமுறைகள் போலல்லாமல் இங்கு ஒலியியல் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

எல்லா எழுத்துக்களையும் உச்சரிப்பதை நிறைவேற்ற தமிழ் எழுத்துக்கள் போதுமானவை அல்ல என்று கூற இயலும். மலையாளம், கன்னடா போன்ற தென் திராவிட மொழிகள் உச்சரிப்பு மாற்றங்களைக் கையாள அதிக எழுத்துக்களைக் கொண்டுள்ளன. எனவே தமிழில் உச்சரிப்பு மாற்றங்களைக் கையாள முழு இலக்கண, ஒலி-ஒலியனியல் அமைப்புகளை அறிந்திருப்பது அவசியம். ஆங்கிலத்தில் எழுத்துக்கள் உச்சரிப்பு மயக்கம் காட்டுகின்றன. தமிழில் அத்தகைய நிலை இல்லை.

பின்வரும் வாக்கிய எடுத்துக்காட்டுகளை நோக்குவோம்.

கடவுள் பூமிக்குச் சென்றார்.

கணபதி பள்ளிக்குச் சென்றான்.

முதல் வாக்கியத்தில் முதல் எழுத்து க என்பது [ka] எனவும் இரண்டாவது வாக்கியத்தில் முதல் எழுத்து க என்பது [ga] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது. இவ்விதமான உச்சரிப்பு வேறுபாடுகள் உள்ள எழுத்துக்கள் தமிழில் மேலும் உள்ளன. பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகளை நோக்கவும்.

வீட்டைப் பூட்டிச் சென்றார்.

கடவுள் பூமிக்கு வந்தார்.

முதல் வாக்கியத்தில் பூ என்பது [pU] என்றும் இரண்டாம் வாக்கியத்தில் பூ என்பது [bU] என்றும் உச்சரிக்கப்படுகின்றன. இது போன்று ச என்ற எழுத்தும் வேறுபட்டு உச்சரிக்கப்படும். பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகள் இதை தெளிவுபடுத்தும்.

அவன் திசை காட்டினான்.

செடி பச்சையாக இருக்கும்.

முதல் வாக்கியத்தில் சை என்பது [sai] எனவும் இரண்டாவது வாக்கியத்தில் [cai] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது. இந்த உச்சரிப்பு மாற்றத்தை விதிகளால் தர இயலும். ச் என்பது உயிர்களுக்கிடையில் [s] எனவும் ச்-க்குப் பிறகு [C] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது என விதி தரலாம். ச என்பது மொழி முதலில் சில பேச்சு நடைகளில் [sa] எனவும் வேறு சில பேச்சு நடைகளில் [ca] எனவும் உச்சரிக்கப்படும்.

சங்கம் [sanggan] / [canggan]

சாதி [saadi] / [caadi] / [jaadi]

பின்வரும் வாக்கியங்களை எடுத்துக்கொள்வோம்.

ராமன் பாடம் படித்தான்.

அருண் பட்டம் விட்டான்.

முதல் வாக்கியத்தில் ட என்பது [da] என்றும் இரண்டாவது வாக்கியத்தில் [ta] எனவும் உச்சரிக்கப்படுவதை உணரலாம். இந்த உச்சரிப்பு மாற்றத்தை விதிகளால் தர இயலும். என்பது உயிர்களுக்கிடையில் [d] எனவும் ட்-க்குப் பிறகு [t] எனவும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது என விதி தரலாம்.

இவை மட்டுமன்றி சில தமிழ் எழுத்துக்கள் ஒத்தறி அடிப்படையில் நீண்ட, குறுகிய, மித உச்சரிப்பு அளவெல்லைகளை அவை வரும் இடத்திற்குத் தகுந்தாற் போல் கொண்டிருக்கும் எடுத்துக்காட்டாக து என்பது அது வரும் இடத்திற்குத் தகுந்தாற்போல் ஒத்தறி அடிப்படையில் நீண்ட, குறுகிய, மித உச்சரிப்பைக் கொண்டிருக்கும்.

எ.கா.

பந்து (து நீண்ட உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது.)

துவங்கினான் (து குறுகிய உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

பாதுகாப்பு (து மித உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

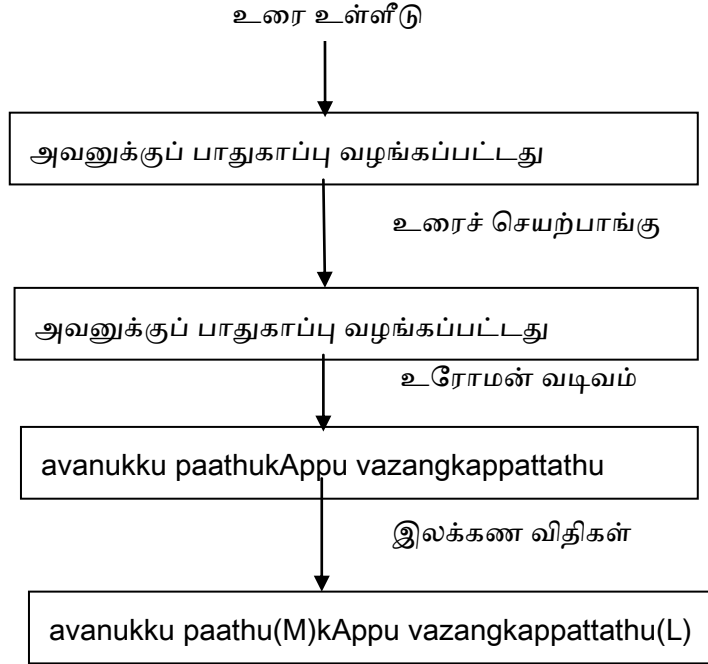
இதுபோன்று பு என்பதும் பின்வருமாறு மூன்று உச்சரிப்புகளைக் கொண்டிருக்கும்.

பருப்பு (பு நீண்ட உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது.)

புலவர் (பு குறுகிய உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

அன்புடையார் (பு மித உச்சரிப்பைக் கொண்டுள்ளது)

60% எழுத்துக்கள் இந்தப் பண்பைக் கொண்டிருக்கின்றன. எனவே பனுவலிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்திற்கு இவ்வகையிலான தகவல்கள் தேவை. நமது வழிமுறைவரைவு எழுத்துக்களின் இடம் அல்லது சூழல் அடிப்படையிலான உச்சரிப்பு மாற்றங்களைக் கையாளும் வகையில் அமைந்துள்ளது. பின்வரும் ஒழுக்குப்படம் பனுவலிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கம் செய்யும் செயற்பாட்டை ஒரு எடுத்துக்காட்டால் விளக்கும்.



5.3.3.2.3 பேச்சுத் தரவு அடித்தளம்

இந்த ஆய்வின் முக்கியமான பகுதி தமிழின் எல்லா எழுத்துக்களையும் அதாவது 247 எழுத்துகளையும் தேவையான ஒரு சில வடமொழி எழுத்துக்களையும் ஒலிப்பதிவு செய்வதாகும். இறுதியில் தரவு அடித்தளம் 350 வரை பேச்சுக் கோப்புக்களைக் கொண்டுள்ளது. இலக்கண அடிப்படையில் அதாவது சூழல் அடிப்படையில் உச்சரிப்பில் வேறுபடும் எழுத்துக்கள் அவற்றின் தொடர்புள்ள பேச்சுக் கோப்பில் வைக்கப்படவேண்டும்; எனவே அவைகளும் கோப்புகளில் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டிருப்பது அவசியமாகும். பெரும்பாலான தமிழ் எழுத்துக்கள் மூன்று வகையான உச்சரிப்புக்களைக் கொண்டிருக்கும். இத்தகவல் பேச்சு வெளியீட்டுக்கு முக்கியமாகும்.

இயல்பான எழுத்துக்களிலிருந்து ஒரே எழுத்தின் மூன்று வேறுபட்ட வடிவங்கள் ஒலிப்பதிவு செய்யப்பட்டு தரவு அடித்தளத்தில் சேகரிக்கப்படவேண்டும். ஒரே எழுத்து வேறுபட்ட இடங்களில் வேறுபட்டு உச்சரிக்கப்படுவதால் அடிப்படை நெடுங்கணக்கிலிருந்து தனியாக இலக்கண அடிப்படையில் அல்லது சூழல் அடிப்படையில் வேறுபடும் எழுத்துக்கள் தனியாக ஒலிப்பதிவு செய்யப்படவேண்டும். இந்த தரவு அடிப்படையால் நாம் மிக துல்லியமான

உச்சரிப்பைப் பெற இயலாது; அதாவது இயல்பான அல்லது இயற்கையான உச்சரிப்பைப் பெற இயலாது.

நாம் எல்லா தமிழ் சொற்களையும் ஒலிப்பதிவு செய்ய இயலும்; இதனால் நாம் மிக உயர்ந்த இயல்பான உச்சரிப்பைப் பெற இயலும்; ஆனால் எல்லாத் தமிழ்ச் சொற்களையும் ஒலிப்பதிவு செய்ய இயலாது. குறைந்தது அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படும் சொற்களை தரவு அடித்தளத்தில் ஒலிப்பதிவு செய்து வைத்திருப்பது நல்ல இயல்புத்தன்மைக்கு வழி வகுக்கும். தரவு அடித்தளத்தில் இதைச் சேர்ப்பது அதிக அளவு இடம் தேவைபடாது; மட்டுமன்றி; முந்தைய நெறிமுறையோடு ஒப்பிடுகையில் செயற்பாங்கு காலமும் குறைவாகும்.

இருப்பினும் இது முழுச்சொல்லை பதிவு செய்வது போன்று வெளியீட்டுப் பேச்சு இயல்புத்தன்மையைத் தரும். அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படும் சொற்கள் உருபனியல் அடிப்படையில் திரிபுற்று வரலாம். எனவே இது அதிக காலத்தை எடுக்கும் வேலையாகும். உயிர்கள் மற்றும் மெய்களின் ஒன்றிணைப்பு பனுவல்-பேச்சு ஒழுங்குமுறையில் நல்ல விளைவைத் தரும். இந்த ஒன்றிணைப்பு 4457 கோப்புகளைக் கொண்டிருக்கும்; இது தரவு அடித்தளத்தில் சேர்க்கப்படும். எடுத்துக்காட்டாக ஒன்றிணைப்பு அட்டவணை பின்வருமாறு அமையும்.

உயிரொலிகள் மெய்யொலிகள்	அ	ஆ	இ	ஈ	உ	ஊ	எ	ஏ	ஐ	ஓ	ஔ	ஒள
க்	க	கா	கி	கீ	கு	கூ	கெ	கே	கை	கொ	கோ	கௌ
ங்	ங											
ச்	ச	சா	சி	சீ	சு	சூ	செ	சே	சை	சொ	சோ	சௌ
ஞ்	ஞ	ஞா	ஞி	ஞீ	ஞு	ஞூ	ஞெ	ஞே	ஞை	ஞொ	ஞோ	ஞௌ
ட்	ட	டா	டி	டீ	டு	டூ	டெ	டே	டை	டொ	டோ	டௌ
ண்	ண	ணா	ணி	ணீ	ணு	ணூ	ணெ	ணே	ணை	ணொ	ணோ	ணௌ
த்	த	தா	தி	தீ	து	தூ	தெ	தே	தை	தொ	தோ	தௌ
ந்	ந	நா	நி	நீ	நு	நூ	நெ	நே	நை	நொ	நோ	நௌ

ப்	ப	பா	பி	பீ	பு	பூ	பெ	பே	பை	பொ	போ	பௌ
ம்	ம	மா	மி	மீ	மு	மூ	மெ	மே	மை	மொ	மோ	மௌ
ய்	ய	யா	யி	யீ	யு	யூ	யெ	யே	யை	யொ	யோ	யௌ
ர்	ர	ரா	ரி	ரீ	ரு	ரூ	ரெ	ரே	ரை	ரொ	ரோ	ரௌ
ல்	ல	லா	லி	லீ	லு	லூ	லெ	லே	லை	லொ	லோ	லௌ
வ்	வ	வா	வி	வீ	வு	வூ	வெ	வே	வை	வொ	வோ	வௌ
ழ்	ழ	ழா	ழி	ழீ	ழு	ழூ	ழெ	ழே	ழை	ழொ	ழோ	ழௌ
ள்	ள	ளா	ளி	ளீ	ளு	ளூ	ளெ	ளே	ளை	ளொ	ளோ	ளௌ
ற்	ற	றா	றி	றீ	று	றூ	றெ	றே	றை	றொ	றோ	றௌ
ன்	ன	னா	னி	னீ	னு	னூ	னெ	னே	னை	னொ	னோ	னௌ

தரவு அடித்தளப் பகுதி முடிந்துவிட்டால் இலக்கண விதிகளிலிருந்தான வெளியீடு உரோமன் வடிவில் இருக்கும்; இது ஏற்கனவே அசைபிரிக்கும் செயற்பாங்கிற்கு உள்ளாகி இருக்கும். எனவே அலகுத் தேர்வுப் பகுதி சரியான பேச்சுக் கோப்பை ஏற்கனவே உருவாக்கப்பட்ட பேச்சு அடித்தளத்திலிருந்து எடுக்கும். இந்த அலகுத் தேர்வில் செய்யப்படும் செய்யப்படும் முக்கியச் செயற்பாங்கு தொடர்புள்ள அசைபிரிக்கப்பட்ட வாக்கியத்தின் பேச்சுக் கோப்பை எடுக்கும் மற்றும் இந்த பேச்சு அலகுகளை குழுமம் அமைப்பை உருவாக்கும்.)

5.3.3.2.4 ஒன்றிணைப்பாக்கம் (Synthesis)

இறுதியான மற்றும் முடிவான செயற்பாங்கு ஒன்றிணைக்கும் செயற்பாங்காகும். வரிசைப்படுத்தப்பட்ட பேச்சு அலகுகள் ஒன்றிணைப்பு வழிமுறைவரைவைப் பயன்படுத்தி ஒன்றிணைக்கப்படும். பேச்சுக் கோப்புகளின் ஒன்றிணைப்பு மாடலாபைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படுகின்றது. ஒன்றிணைக்கும் செயற்பாங்கின் முக்கியமான சிக்கல் சேரும் இடங்களில் தடுமாற்றங்கள் ஏற்படுவதாகும். இவ்வாய்வில் தடுமாற்றங்கள் நேர்த்தியான ஒலிப்பதிவால் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது. ஒன்றிணைப்புச் செயற்பாங்கு அலகுத் தேர்வு செயற்பாங்கின் வெளியீடாகத் தரப்படும் எல்லாப் பேச்சுக் கோப்புகளையும் ஒன்றிணைக்கும் மற்றும் ஒரு தனிப் பேச்சுக் கோப்பாக மாற்றும். இதை எப்போது வேண்டுமானாலும் இயக்கவோ நிறுத்தவோ

இயலும். இவ்வாய்வின் முக்கியமான நோக்கம் பேச்சு வெளியீட்டில் இயற்கைத்தன்மையை/ இயல்புத்தன்மையைப் பெறுவதாகும்.

5.3.3.2.5. முடிவு

உரை-பேச்சு ஒழுங்கமைப்பின் வெளியீட்டைக் காட்டுவதற்கு வரைபட பயன்பாட்டாளர் இடைமுகம் (Graphical User Interface (GUI)தயார் செய்யப்பட்டுள்ளது. ஜி.யு.ஐ.-க்குப் பின்னால் பனுவல் செயற்பாங்கிற்கு ஒரு வழிமுறைவரைவும் ஒன்றிணைப்பாக்கத்திற்கு மற்றொரு வழிமுறைவரைவும் ஆக்கப்பட்டுள்ளன. பனுவல் செயற்பாங்கு வழிமுறைவரைவு பெர்ல் வழியமைப்பால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. ஒன்றிணைப்பு வழிமுறைவரைவு மேட்லாப் வழியமைப்பால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. தமிழ் வாக்கியத்தை பனுவல் பெட்டியில் தட்டச்சு செய்து பனுவல்-குரல் பொத்தானைச் சுட்டினால் இறுதிப் பேச்சு வெளியீடு கேட்கும். பேச்சுக் கோப்பை நிறுத்தல் பொத்தானைச் சுட்டி எந்தக் காலத்திலும் நிறுத்த இயலும்.

5.4. சுருக்கவுரை

இவ்வியலில் உரையிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பு ஆக்கம் பற்றியும் அதன் பல அணுகுமுறைகள் பற்றியும் விளக்கப்பட்டுள்ளன; பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்க நெறிமுறைகளின் நிறைகளும் குறைகளும் பற்றியும் கூறப்பட்டுள்ளன. மேலும் தமிழில் மேற்கொள்ளப்பட்ட உரையிலிருந்து பேச்சு ஆய்வுகள் குறித்தும் விரிவான விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளது.

உரையிலிருந்து பேச்சாய்வு ஒழுங்குமுறைகள் பேச்சு குறைபாடு உள்ளவர்களுக்கும் மின்புத்தகங்களை உரக்கப் படிக்க விரும்புவர்களுக்கும் பயனுள்ளதாகும். இன்றைய நாளில் பல தமிழ் நூல்கள் இலக்கவெண்ணியலாக்கம் செய்யப்படுகின்றன. பல வேற்று மொழி நூல்கள் தமிழில் மொழி பெயர்க்கப்பட்டு இலக்கவெண்ணியல் வடிவில் உள்ளன. தற்போதைய ஒழுங்குமுறை வாய்விட்டுப் படிக்க இயலாதவருக்கும் வாய்விட்டு படித்து சக்தியை வீணாக்க விரும்பாதவர்களுக்கும் வரப்பிரசாதமாய் அமையும்.

இயல் 6

பேச்சிலிருந்து உரையாக்கம்

6.1. அறிமுகம்

பேச்சு அறிதல் என்பது கணினி மொழியியலின் ஒரு இடைநிலை துணைத் துறையாகும்; இது கணினிகள் மூலம் பேசும் மொழியை உரையாக மாற்றவும் மொழிபெயர்க்கவும் உதவும் முறைகள் மற்றும் தொழில்நுட்பங்களை உருவாக்குகிறது. இது தானியங்கி பேச்சு அறிதல் (Automatic Speech Recognition-ASR), கணினி பேச்சு அறிதல் அல்லது பேச்சிலிருந்து உரை (Speech to text - STT) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. இது மொழியியல், கணினி அறிவியல் மற்றும் மின் பொறியியல் துறைகளில் அறிவு மற்றும் ஆராய்ச்சியை ஒருங்கிணைக்கிறது.

சில பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகளுக்கு "பயிற்சி" ("பதிவு" என்றும் அழைக்கப்படுகிறது) தேவைப்படுகிறது, அங்கு ஒரு தனிப்பட்ட பேச்சாளர் உரை அல்லது தனிமைப்படுத்தப்பட்ட சொற்றொகையை கணினியில் படிக்கிறார். கணினி நபரின் குறிப்பிட்ட குரலைப் பகுப்பாய்வு செய்து, அந்த நபரின் பேச்சு அறிதலில் நன்றாகப் பயன்படுத்துவதற்குப் பயன்படுத்துகிறது, இதன் விளைவாகத் துல்லியம் அதிகரிக்கும். பயிற்சியைப் பயன்படுத்தாத அமைப்புகள் "பேச்சுபவர் சுதந்திரமான" ஒழுங்குமுறைகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. பயிற்சியைப் பயன்படுத்தும் ஒழுங்குமுறைகள் "பேசுபவர் சார்பு" ஒழுங்குமுறைகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன.

குரல் அறிதல் அல்லது பேச்சாளர் அடையாளம் காணல் என்பது அவர்கள் சொல்வதைக் காட்டிலும் பேச்சாளரை அடையாளம் காண்பதைக் குறிக்கிறது. பேச்சாளரை அறிதல் ஒரு குறிப்பிட்ட நபரின் குரலில் பயிற்சியளிக்கப்பட்ட அமைப்புகளில் பேச்சை மொழிபெயர்க்கும் பணியை எளிதாக்குகிறது அல்லது பாதுகாப்புச் செயல்பாட்டின் ஒரு பகுதியாக பேச்சாளரின் அடையாளத்தை அறிய அல்லது சரிபார்க்க இது பயன்படுத்தப்படலாம்.

தொழில்நுட்ப கண்ணோட்டத்தில், பேச்சு அறிதல் பல பெரிய கண்டுபிடிப்புகளுடன் நீண்ட வரலாற்றைக் கொண்டுள்ளது. மிக சமீபத்தில், ஆழ்ந்த கற்றல் மற்றும் பெரிய தரவுகளின் முன்னேற்றங்களால் இந்தத் துறை பயனடைந்துள்ளது. இத்துறையின் முன்னேற்றம் இந்த துறையில் வெளியிடப்பட்ட ஆய்வுக்கட்டுரைகள் மட்டுமல்லாமல், மிக முக்கியமாக உலகளாவிய தொழில்துறை பேச்சு அறிதல் முறைகளை வடிவமைப்பதிலும் பயன்படுத்துவதிலும் பல்வேறு ஆழமான கற்றல் முறைகளைப் பின்பற்றுவதன் மூலமும் அறியப்படுகின்றது

6.2. பேச்சு ஒலிகளும் எழுத்துப்பெயர்ப்பும்

பேச்சிலிருந்து உரையாக்கம் செய்வது ஒலிவடிவில் இருக்கும் பேச்சை எழுத்து வடிவில் மாற்றுவதாகும். ஒலிகள் முதலில் ஒலியன்களாக மாற்றப்படவேண்டும். ஒலியன்கள் எழுத்துக்களாக மாற்றப்படவேண்டும். பேச்சு என்பது தொடர்ச்சியான ஒலிகளின் கோவையாகும். இவ்வொலிக் கோவை ஒலியன்களின் கோவையாக மாற்றப்படவேண்டும். ஒலியன்களின் கோவை உருபன்களின் அல்லது சொற்களின் கோவையாக உருப்படுத்தம் செய்யப்படவேண்டும். சொற்களின் கோவை, சொற்றொடர்களின் கோவையாகவோ வாக்கியங்களின் கோவையாகவோ உருப்படுத்தம் செய்யப்படவேண்டும்.

ஒலியன் என்பது ஒரு குழு ஒலிகளின் குழுவும் ஆகும். ஒரு குழு ஒலிகளை ஒலியனாக உருப்படுத்தம் செய்வது சவாலான செயல்பாடாகும். மொழியியலாளர்கள் அறியாத மொழியை ஆவணப்படுத்த முயலுகையில் அவர்கள் இலக்கு மொழி பேசுபரின் பேச்சைப் புரிந்துகொண்டு தமக்கு இருக்கும் பயிற்சியைப் பயன்படுத்தி அதை எழுத்து வடிவில் எழுதுவர். இது எழுத்துப்பெயர்ப்பு எனப்படும் (transcription). இந்த எழுத்துப்பெயர்ப்பு செய்யப்பட்ட ஆவணத்தைப் பயன்படுத்தி அவர்கள் இலக்கு மொழியின் ஒலியன்களை கண்டுபிடிப்பர். இந்த ஒலியன் கோவைகள் முன்னர் சொன்னதுபோல் சொற்கோவைகளாக உருப்படுத்தம் செய்யப்படவேண்டும். இச்செயல்பாடும் பேச்சிலிருந்து உரையாக்குவதை ஒக்கும்

சொற்களின் உச்சரிப்பை ஆய்வது ஒலியியலின் ஒரு பகுதியாகும். ஒலியனியல் உலக மொழிகளில் பயன்படுத்தப்படும் பேச்சு ஒலிகளின் ஆய்வாகும். நாம் ஒரு சொல்லின் உச்சரிப்பை ஒலிகள் அல்லது கூறுகள் இவற்றை உருப்படுத்தம் செய்யும் குறியீடுகளின் கோர்வையாகும் என்று மாதிரிப்படுத்தலாம். நாம் ஒலிகளை ஆங்கிலம் போன்ற நெடுங்கணக்கு மொழியிலுள்ள எழுத்துக்களுடன் ஒற்றுமையுள்ள ஒலிக் குறியீடுகளால் உருப்படுத்தம் செய்வோம். எடுத்துக்காட்டாக, [ல்] என்பதால் உருப்படுத்தப்படும் ஒலி ல் என்ற எழுத்துடன் பொருந்தும். அதேபோல ப் என்பதால் உருப்படுத்தப்படும் ஒலி [ப்] என்ற ஒலியுடன் பொருந்தும். ஒலிகளுக்கு எழுத்துக்களைக் காட்டிலும் கூடுதல் வேறுபாடு இருக்கும். மீக்கூறு (prosody) இசைமை (pitch) மற்றும் மாத்திரை (duration) என்பனவற்றை உள்ளடக்கும்.

பேச்சை எழுத்துப்பெயர்ப்பு செய்ய வேண்டி உலக ஒலியியல் கழகத்தார் ஒலிகளின் நெடுங்கணக்கைத் தந்துள்ளனர். இது உலக ஒலியியல் கழகத்தார் நெடுங்கணக்கு (International Phonetic Association Alphabets) என்று அழைக்கப்படுகின்றது. பின்வரும் அட்டவணைகள் மெய்யொலிகள் மற்றும் உயிர் ஒலிகளின் உலக ஒலியியல் கழகத்தார் நெடுங்கணக்குகளாகும்.

உலக ஒலியியல் கழகத்தார் நெடுங்கணக்கு (International Phonetic Association Alphabets)

		bilabial	labio-dental	dental	alveolar	retroflex	palato-alveolar	palatal	velar	uvular	glottal
plosives	uv.	p			t	ʈ		c	k	q	ʔ
	v.	b			d	ɖ		ɟ	g	ɢ	
fricatives	uv.	ɸ	f	θ	s	ʂ	ʃ	ç	x	χ	h
	v.	β	v	ð	z	ʐ	ʒ	ʝ	ɣ	ʁ	ɦ
nasals		m	ɱ		n	ɳ		ɲ	ŋ	ɴ	
Semi-vowels	uv.	ɱ									
	v.	w	ɥ		ɹ	ɻ		j			
Rolled / trilled		ʙ			r					ʀ	
Tapped / flapped					r	ɾ					
laterals					l	ɭ		ʎ	ʟ		
lateral-fricatives	uv.				ɬ						
	v.				ɮ						

மேற்கண்ட அட்டவணையில் உலக ஒலியியல் கழகத்தார் நெடுங்கணக்கு (International Phonetic Association Alphabet) சாத்தியமான இடங்களில் தமிழ்மொழிக் குறியீடுகளும் தரப்பட்டுள்ளன.

கு=குரலொலி, குஇ=குரலிலா ஒலி.

மெய்யொலிகள் (Consonants)

	ஈரிதழ்	பல்லிதழ்	பல்	நுனியண்	நுனிய	நாவளை	இடை	கடை	முன்	குரல்வ
	குஇ கு	குஇ கு	குஇ கு	ணம்/ அண்பல் குஇ கு	ண்ணம் பின்புறம் குஇ கு	குஇ கு	யண்ணம் குஇ கு	யண்ணம் குஇ கு	தொண் டை குஇ கு	ளை குஇ கு
மூக் கொலி	ம் m		ந் n	ன் n		ண் ɳ	ஞ் ɲ	ங் ŋ		
அடைப் பொலி	ப் p b		த் t d	ற்		ட் ɖ	ச் ஜ் c j	க் g		
உரசொ லி		வ் f v		ஸ் s z		ஷ் ʂ				ஹ் h
மருங் கொலி				ல் l		ள் ɭ	ழ் ʎ			
ஆடொ லி				ற் r						
வரு டொலி				ர் r						

உயிரொலிகள் (Vowels)

	front	central	back
high	i y	ɨ ʉ	ɯ u
	ɪ ʏ		ʊ
middle	e ø	ɜ ə e	ɤ o
	ɛ œ	ɐ ʌ	ɔ
low	æ a		ɑ ɒ

உயிர்நெடில்கள் முக்கால் புள்ளிகளால் அடையாளப் படுத்தப்படும் (எ.கா. i:). மூக்கொலி உயிரொலிகள் உயிர்மேல் டில்லேயால் அடையாளப் படுத்தப்படும் (எ.கா. ä)

	front	central	back
high	இ i		உ u
	ஈ i:		ஊ u:
middle	எ e		ஓ o
	ஏ e:		ஔ o:
low		அ a	
		ஆ a:	

6.3. தானியங்கு பேச்சுப் புரிதல் (automatic speech recognition (ASR))

தானியங்கு பேச்சுப் புரிதல் (automatic speech recognition (ASR)) ஆய்வு ஒலியிக்கவியல் குறிப்புடன் ஒரு கோர்வைச் சொல்லை பொருத்தும் ஒழுங்கமைப்புகளை உருவாக்கி கணினி அடிப்படையில் சிக்கலை அணுகுவதாகும். தானியங்கு பேச்சு அறிதல் (automatic speech understanding (ASU)) இந்த நோக்கை சொல் அளவில் அல்லாமல் வாக்கியத்தின் ஒருவகையிலான அறிதலை உருவாக்குவதாகும்.

எந்தச் சூழலிலும் எந்தப் பேசுபவராலும் பேச்சின் தானியங்கு ஒலிபெயர்ப்பின் பொதுவான சிக்கல் இதுவரை தீர்வுக்கு அப்பாற்பட்டிருக்கின்றது. அண்மைக் காலங்களில் தானியங்குப் பேச்சுப் புரிதல் தொழில்நுட்பம் சில எல்லைக்குட்பட்ட களங்களில் தெரியும்படி முதிர்ந்துள்ளது. மனித-கணினி ஊடாட்டம் (human-computer interaction) ஒரு முக்கிய பயன்பாடாகும். பல வேலைகள் காட்சி அல்லது சுட்டு இடைமுகத்தால் (visual or pointing interface) தீர்க்கப்படுகையில் மொழிக் கருத்துப் பரிமாற்றம் பயனுள்ளதாக அமையும் வேலைகளில் அல்லது தட்டச்சுப் பலகை பொருத்தமாக இராத வேலைகளில் தட்டச்சுப்

பலகையைவிட பேச்சு சிறந்த இடைமுகமாக இருப்பதற்கு திறன் கொண்டுள்ளது. இது பயன்படுத்துபவர் கையாளுவதற்குப் பொருளோ கட்டுப்படுத்துவதற்கு கருவியோ வைத்திருக்கும் கைகள் அல்லது கண்கள் ஓய்வில்லாதிருக்கும் பயன்பாடுகளையும் உட்படுத்தும். மற்றொரு பயன்பாடுக் களம் தொலைபேசியாகும்; இங்குப் பேச்சுப் பயன்பாடு அழைப்புகளை ஏற்கும் “ஆமாம்” என்பதை அறியும் இலக்கங்களைப் பதிப்பதற்கும் அல்லது அழைப்பை வழிபடுத்தவும் உதவும். சில பயன்பாடுகளில் பேச்சிலாத வரைபட பயனாளி இடைமுகத்தைவிட (graphical user interface) பேச்சும் சுட்டும் இணைந்த பல்மாதிரி இடைமுகம் (multi model interace) திறமையானதாக இருக்கும். இறுதியாக தானியக்க பேச்சுப் புரிதல் கூறுவதெழுதலுக்கு பயன்படுத்தப்படுகின்றது; அதாவது ஒரு தனிப் பேசுபரின் நீட்சியுற்ற தன்னுரையின் ஒலிபெயர்ப்பு

பேச்சுத் தொழில் நுட்பத்தின் வேறுபட்ட பயன்பாடுகள் சிக்கல்களில் வேற்பட்ட கட்டுப்பாடுகளை முன்வைக்கின்றது மற்றும் வேறுபட்ட வழிமுறைகளுக்குக் கொண்டு செல்கின்றது. இங்கு நாம் நீண்ட சொற்றொகை தொடர்ச்சியான பேச்சுப் புரிதல் (Large-vocabulary Continuous Speech Recognition (LVCSR) என்பதில் கவனம் செலுத்துவோம். “நீண்ட சொற்றொகை” என்பது ஒழுங்குமுறைகள் கிட்டத்தட்ட 5,000-இலிருந்து 60,000 வரை சொற்களை கொண்டிருக்கும் எனப் பொருள்படும். “தொடர்ச்சியான” என்பது சொற்கள் இயற்கையாக ஒன்றிணைந்து செல்லும் என்பதாகும். இது சொற்கள் இடைவெளியால் பின் தொடரப்படும் தன்மைப்படுத்தப்பட்ட சொல் பேச்சு புரிதல் (isolated-word speech recognition) என்பதுடன் முரண்படும்.

பேச்சுப் புரிதல் என்பது பேச்சு குறிகளைச் சொற்களின் வரிசைகளாக ஒலிபெயர்ப்பு செய்யும் சிக்கலுடன் தொடர்புடையது. இன்றைய சூழலில் நன்றாகச் செயலாற்றும் ஒழுங்குமுறைகள் பேச்சின் புள்ளியியல் மாதிரிகளைப் பயன்படுத்துகின்றது. இதன் அடிப்படையில் பேச்சு, மொழி மாதிரியால் உருவாக்கப்படுவதாகக் கருதப்படுகின்றது; இது எல்லா w சொல் கோர்வைகளுக்கும் உற்றுநோக்கப்பட்ட குறிகளிலிருந்து தன்னிச்சையாக $P(w)$ என்ற மதிப்பீடுகளையும் $f(x|w)$ என்ற நிகழ்வுத்தகவு அடர்த்திச் செயல்பாட்டால் உருப்படுத்தம் செய்யப்படும் x என்ற குறியில் w செய்தியைக் குறியமாக்கம் (encoding) செய்யும் ஒலியியக்க மாதிரியையும் தருகின்றது. உற்றுநோக்கப்பட்ட ஒலியியக்கக் குறி (observed acoustic signal) தரப்படுகையில் மிகவும் சாத்தியமான சொல் கோர்வையைக் கண்டுபிடிப்பது பேச்சுப் புரிதலின் நோக்கம் ஆகும். பேச்சுக் குறியவிளக்கம்/குறியத்திறவு (decoding) சிக்கலானது x என்ற பேச்சு

குறி தடப்படுகையில் W என்ற சாத்தியத்தை அதிகரிப்பதையோ அதற்கு ஒப்பாக $\Pr(w) f(x|w)$ பெறுக்கல் பலனை அதிகரிப்பதை உள்ளடக்குகின்றது.

இந்த ஒழுங்குமுறைகள் அடிப்படையாகக் கொண்டிருக்கின்ற கொள்கைகள் பல ஆண்டுகளாக அறியப்பட்டதாகும்; இது பேச்சுப் புரிதலுக்கு தகவல் கோட்பாட்டின் (information theory) பயன்பாட்டையும் (application) பேச்சு அடையாளக்குறியின் (speech signal) நிறமாலை உருப்படுத்தத்தின் (spectral representation) பயனையும் (use) குறியத்திறவுக்கு சக்திவாய்ந்த நிரலாக்கத்தின் (dynamic programming) பயனையும் சூழல் கட்டுண்ட ஒலியியக்க மாதிரிகளின் (context dependent acoustic models) பயனையும் உட்படுத்தும். இந்த உத்திகள்/நுட்பங்கள் பத்து ஆண்டுகளுக்கு முன்பே முன்மொழியப்பட்டாலும் அண்மைக்காலத்தில் விரிவான பேச்சு மற்றும் உரைத் தரவுத்தொகுதி கிடைப்பதன் காரணமாகவும் செயல்படுத்துவதற்கு சிக்கலான மாதிரிகளையும் வழிமுறைகளையும் அனுமதிக்கும் மேம்படுத்தப்பட்ட செய்முறை காரணமாகவும் கூறத்தக்கவிதத்தில் முன்னேற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது. பத்தாண்டுகளுக்கும் முன்னர் இருந்த தொழிநுட்பத்தின் முன்னேற்ற நிலையுடன் ஒப்பிடுகையில் ஒலியியக்க மாதிரியாகத்தின் முன்னேற்றங்கள் வேறுபட்ட தரவு வகைகள் மற்றும் ஒலியியக்க நிலைமைகள் (கட்டுப்பாடுகள்) பற்றி கிடைக்கப்பெறவேண்டிய நியாயமான செயலாக்கத்தைச் சாத்தியப்படுத்தியுள்ளது.

6.4. பேச்சுத் தொழில் நுட்பத்தின் மைல் கற்கள்

பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறை பெல் லாபில் 1950களில் முதலில் உருவாக்கப்பட்டது. இந்த ஒழுங்குமுறையில் வேலை ஒரு பேசுபவரிலிருந்து இடைநிறுத்தங்களால் பிரிக்கப்பட்ட இலக்கங்களை (டிஜிட்டல்களை) அறிவதாகும். இந்த ஒழுங்குமுறை அனலாக் எலக்ட்ரானிக்சை பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டது; இது கூறப்பட்ட இலக்கத்தின் ஃபார்மெண்ட்கள்/ஒலிச்செறிவுகள் என்று அழைக்கப்படுகின்ற ஒத்ததிர்வு நிகழ்வெண் உச்சிகளைக் கண்டுபிடித்து (resonant frequency peaks) அறிதலைச் செய்கின்றது. இதன் முரட்டுத்தன்மைக்கு விலக்காக இந்த ஒழுங்குமுறை 98% துல்லியத்தை எய்த முடிந்தது. இது எந்திரம் மனிதப் பேச்சை புரியமுடியும் என்ற கருத்துருவை நிரூபித்தது.

ஆய்வு 1960களிலும் 1970களிலும் தொடர்ந்து நடந்தது; இது குறிகைச் செயல்முறையையும் (signal processing) மற்றும் பேச்சு அறிதலை (speech recognition) உருவாக்குவதையும் (அமைப்பொழுங்கு அறிதல் (pattern recognition) கவனக்குறிப்பு செய்யும் டிஜிட்டல் கணித்தல் தொழிநுட்பத்தால் ஊக்கப்படுத்தப்பட்டது. பேச்சு ஆய்வின் முக்கியமான பங்களிப்புகள் விரைவான ஃபூயர் மாற்றம் (fast fourier transform (FFT)), செப்ட்ரல் ஆய்வு,

நேரியல் முன்னறிவிக்கும் குறியமாக்கம் (Linear Predictive Coding (LPC) இவற்றை உட்படுத்தும்; இது முன்னர் பயன்படுத்தப்பட வடிகட்டி வங்கிகளை இடம்பெயர்த்தது. செயற்கை நரம்பு வலைப்பின்னல்கள் (Artificial Neural Net-works) , டைனமிக் டைம் வார்பிங் (Dynamic Time Warping) மற்றும் ஹிட்டன் மார்கொவ் மாதிரிகள் (Hidden Markov Models) என்பன வெற்றிகரமாக பேச்சாய்வில் பயன்படுத்தப்பட்டன. இந்த வழிமுறைகள் பல்வேறு பயன்பாடுகளின் பல செயல்பாடு மற்றும் பயனுள்ள ஒழுங்குமுறையாக விளைந்தது.

1980களிலும் 1990களிலும் ஆய்வுகள் தனியக்க பேசு ஒழுங்குமுறைகளை (Automatic Speech Recognition Systems (ASR) பேசுபவர் சுதந்திரமான தரவுக் குழுமங்கள் (speaker independent data sets), பெரிய சொற்றொகுதிகள் (larger vocabularies) மற்றும் சப்பத வலுவான அறிதல் (noise robust recognition) இவற்றை உட்படுத்திய அதிக கலவைத்தன்மையான/கடினமான செயல்களுக்கு விரிவுபடுத்தக் கவனக்குவிப்பு செய்தது. மெல் நிகழ்வெண் செப்ச்ட்ரல் கோஎஃபிஷியண்ட்கள் (Mel frequency cepstral coefficients (MFCC)) போன்ற பண்புக்கூறு பிரித்தெடுப்புக்குப் பேச்சுக்கு ஏற்ப உருவாக்கப்பட்ட குறிகை செயலாக்க நெறிமுறைகளை (speech-tailored signal processing methods) உட்படுத்தி முன்னேற்றம் செய்யப்பட்டது. எச்.எம்.எம். நெறிமுறைகள் (HMM methods) என்பன மேலும் சீராக்கப்பட்டு தனியக்க பேச்சு அறிதல் நிலைநிற்கும் தொழிநுட்பமாக மாறியது. மேலும் ஆய்வுச் சமூகம் ஆய்வாளர்களுக்கிடையே ஒப்பீடு செய்ய வேண்டி தரவு வசதிசெய்வதற்கும் மென்பொருள் பங்கிடவும் கூடுதல் ஏற்புடையதாக்கப்பட்டது.

TIMIT தரவுத்தொகுதி மற்றும் மூலவள மேலாண்மை தரவுத்தொகுதி (Resource Management Corpus) போன்ற தரமான பேச்சு தரவுகள் தொகுக்கப்பட்டு வினியோகிக்கப்பட்டன. மேலும் திறந்த மூல குறிங்களைக் கொண்ட பேச்சு மென்பொருள் கருவித்தொகுதிகள் கிடைக்கத்தக்கனவாக செய்யப்பட்டது; ஹிட்டன் மார்கொவ் மாதிரிக் கருவிப்பெட்டி (Hidden Markov Toolkit (HTK) என்பது ஒரு எடுத்துக்காட்டாகும். இந்தக் காலம் பல வணிகத் தயாரிப்புகளின் வெளியீடுகளால் முக்கியத்துவம் பெற்றது. ஐபிஎம் வழி குரல் (IBM Via Voice) மற்றும் இயற்கையாக பேசுகின்ற டிராகன் ஒழுங்குமுறைகள் (Dragon Systems Naturally Speaking) உள்ளடக்கிய சொல்வதெழுதுதல் கணினி ஒழுங்குமுறை (personal computer dictation systems) என்பன மிகப் புகழ்வாந்தவை.

6.5. பேச்சுச் செயலாக்கத்தின் வகைகள்

பேச்சு செயலாக்கம் பின்வரும் ஆறு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன:

1. பேச்சுக் குறிகையின் மொழிசார் பொருள்எடக்கத்தின் பகுப்பாய்வைக் கையாளும் பேச்சு அறிதல்
2. பேசுபவரை அடையாளம் காணுவதைக் குறிக்கோளாகக் கொண்ட பேச்சாளர் அறிதல்
3. பேச்சு குறிகைகளின் விரிவாகம், எ.கா. இரைச்சல் குறைப்பு
4. பேச்சின் சுருக்கமும் பரப்புதலும்
5. மருத்துவ நோக்கத்திற்காகக் குரல் பகுப்பாய்வு
6. பேச்சு இணைப்பாக்கம்: பேச்சின் செயற்கை உருவாக்கம்

பேச்சுப் புரிதல் என்பது ஒலிவாங்கியால் அல்லது தொலைபேசியால் ஏற்கப்படும் ஒலியியக்கக் குறிகையை சொற்களின் கணங்களாக மாற்றும் செயற்பாங்கு ஆகும்.

6.6. பேச்சு அறிதலின் வகைகள்

பேசுபவரின் பேச்சு அறிதல் அடிப்படையில் பேச்சை பேசுபவர் சார்ந்தது (speaker dependent) மற்றும் பேசுபவர் சாராதது (speaker independent) என்று வகைப்படுத்தலாம்.

பேசுபவர் சார்ந்தது

இவ்வகையிலான மாதிரிகள் ஒரேஒரு நபரின் பேச்சு அமைப்பொழுங்கை அறியும்/புரிந்துகொள்ளும். பேச்சுபவர்சார் மென்பொருள் வழக்கமாகச் சொல்வது எழுதும் மென்பொருளில் (dictation software) பயன்படுத்தப்படுகின்றது; பேசுபவர் சாரா மென்பொருள் வழக்கமாக தொலைபேசிப் பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. பேச்சுபவசார் மென்பொருள் ஒரு தனி நபரின் பேச்சின் தனித்தன்மையான பண்புகளைக் கற்றுக்கொண்டு செயலாற்றுகின்றது. புதிய பயன்பாட்டாளர்கள் மென்பொருளுடன் பேசி அதைப் பயிற்றுவிக்க வேண்டும்; இதன்படி கணிப்பொறி அந்த நபர் எவ்வாறு பேசுகின்றார் என்று கற்றுக்கொள்ளும். இதன் பொருள் பேச்சுப் புரிந்துகொள்ளும் மென்பொருளைப் பயன்படுத்துவதற்கு முன் பயனர்கள் கணிப்பொறிக்கு அதாவது மென்பொருளுக்குச் சில பக்கங்களைப் படித்து தமது பேச்சைக் கணினிக்கு அறிமுகப்படுத்தவேண்டும்.

பேசுபவர் சாராதது

பேசுபவர் சாரா மாதிரிகள் ஒரு பெரிய குழுவைச் சார்ந்த பேசுபவர்களின் பேச்சு அமைப்பொழுங்கை புரிந்துகொள்கின்றன/அறிந்துகொள்கின்றன. இவை எந்த நபரின் குரலையும் புரிந்துகொள்ளும்படி வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன; எனவே பயிற்சி தேவையில்லை. எதிர்மறையான தகவல் என்னவென்றால் பேசுபவர் சாரா மென்பொருள் பெரும்பாலும் பேசுபவர் சார்ந்த மென்பொருளைவிட குறைந்த துல்லியம் உள்ளதாய் இருக்கும்.

பேச்சு அறியும் ஒழுங்குமுறைகளை அறியவேண்டிய கூற்றுக்களின் வகையின் விளக்கத்தால் பல வகுப்புகளாகப் பிரிக்கலாம். இந்த வகுப்புகள் எப்போது பேசுபவர் ஒரு கூற்றைத் தொடங்கி முடிக்கிறார் என்பதைப் புரிந்துகொள்ளும் பேச்சுப்புரியும் ஒழுங்குமுறையின் திறன் அடிப்படையில் அமையும். பின்வருவன சில வகைகளாகும்.

தனிச் சொற்கள் புரிவான்கள்

தனிச்சொற்கள் புரிவான்கள் (isolated word recognizers) வழக்கமாகப் பதமாதிரியின் (sample) இருபக்கங்களிலும் மெளனத்தை (கேட்புக் குறிகைகளின் குறைவு) வேண்டும். இதன் அர்த்தம் இது தனிச் சொற்களை மட்டும் ஏற்கும் என்பதல்ல; இது ஒருநேரத்தில் ஒரு கூற்றை வேண்டும் என்பதாகும். பெரும்பாலும் இந்த ஒழுங்குமுறைகள் 'கேள்/கேட்காதே' நிலைகளைக் கொண்டிருக்கும்; அவை கூற்றுக்களுக்கிடையில் பேசுபவர் காத்திருப்பதை வேண்டும்.

இணைக்கப்பட்ட சொற்களுக்கான பேச்சு ஒழுங்குமுறைகள்

இணைக்கப்பட்ட சொற்களுக்கான பேச்சு ஒழுங்குமுறைகள் (connected word recognition system) தனிச்சொற்கள் ஒழுங்குமுறையைப் போன்றவை; ஆனால் தனிக் கூற்றுக்களை அவற்றிற்கிடையே குறைந்த இடைநிறுத்தத்துடன் சேர்ந்து போக அனுமதிக்கின்றது.

தொடர்ச்சியான பேச்சுக்கான பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகள்

தொடர்ச்சியான பேச்சுக்கான பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகள் (Continuous speech recognition system) சிக்கலானது; ஏனென்றால் கூற்று எல்லைகளை நிர்ணயிக்கச் சிறப்பான நெறிமுறைகளைப் பயன்படுத்தவேண்டும். தொடர்ச்சியான பேச்சு அறிவான்கள் (continuous speech recognizers) பேசுபவரை இயற்கையாகப் பேச அனுமதிக்கின்றது; கணினி பொருளடக்கத்தை நிர்ணயிக்கும்.

தன்னியல்பான பேச்சு பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகள்

தன்னியல்பான பேச்சுக்கான பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகள் (spontaneous speech recognition systems) சொற்கள் மேலூர்வது, 'உம்', 'ஆஹா' போன்ற உணர்வுக்குறிகள் மற்றும் சிறிய விக்கல்கள் போன்ற பலவிதமான இயற்கையான பேச்சுப் பண்புக்கூறுகளைக் கையாளத் திறன் கொண்டிருக்கவேண்டும். இந்த ஒழுங்குமுறைகள் பேச்சை இயற்கையான/இயல்பான சூழலில் அறியவேண்டும்; பேச்சு ஒத்திகைப் பார்த்துபோன்று செயற்கையாக இருக்காது.

குரல் சரிபார்ப்பு அல்லது அடையாளம் காணுதல்

இவ்வகையிலான பேச்சு அறிவான் குறிப்பிட்ட பேசுபவரை அடையாளம் காணும் திறன் கொண்டிருக்கவேண்டும்.

6.7. பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்களும் பயன்பாடுகளும்

பேச்சு அறிதல் ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்களும் பயன்பாடுகளும் பலவாகும். பின்வருவன மிகப் பொதுவானவைகளாகும்.

சொல்வதெழுதுதல் (dictation)

சொல்வதை எழுதும் பேச்சு அறியும் ஒழுங்குமுறை மிகப் பொதுவான பயன்பாடாகும். இது மருத்துவம்சார் ஒலிபெயர்த்தல் (medical transcription) சட்டம்சார் மற்றும் வணிகச் சொல்வதெழுதுதல் மற்றும் பொதுவான சொல் பகுப்பாய்வு இவற்றை உள்ளடக்கும். சில நேர்வுகளில் ஒழுங்குமுறையின் துல்லியத்தை அதிகரிக்கச் சிறப்பு சொற்றொகுதிகள் பயன்படுத்தப்படும்.

கட்டளையும் கட்டுப்பாடும்

செயல்பாடுகளையும் செயல்களையும் நிகழ்த்த வேண்டி வடிவமைக்கப்பட்ட ஒலியியக்க பேச்சுப் புரிதல் (Acoustic Speec Recognition (ASR)) ஒழுங்குமுறைகள் கட்டளை மற்றும் கட்டுப்பாடு ஒழுங்குமுறைகள் (Command and control systems) என்று விளக்கம் பெறும். "Open Netscape", "Start a new xterm" போன்ற கூற்றுக்கள் இதைச் செய்யும்.

தொலைபேசி

PBX அல்லது குரல் அஞ்சல் (Voice Mail) ஒழுங்குமுறைகள் குறிப்பிட்ட சுரத்தை அனுப்ப வேண்டி பொத்தானை அழுத்துவதற்குப் பதிலாக அழைப்பவர்கள் கட்டளைகளைப் பேச அனுமதிக்கின்றது.

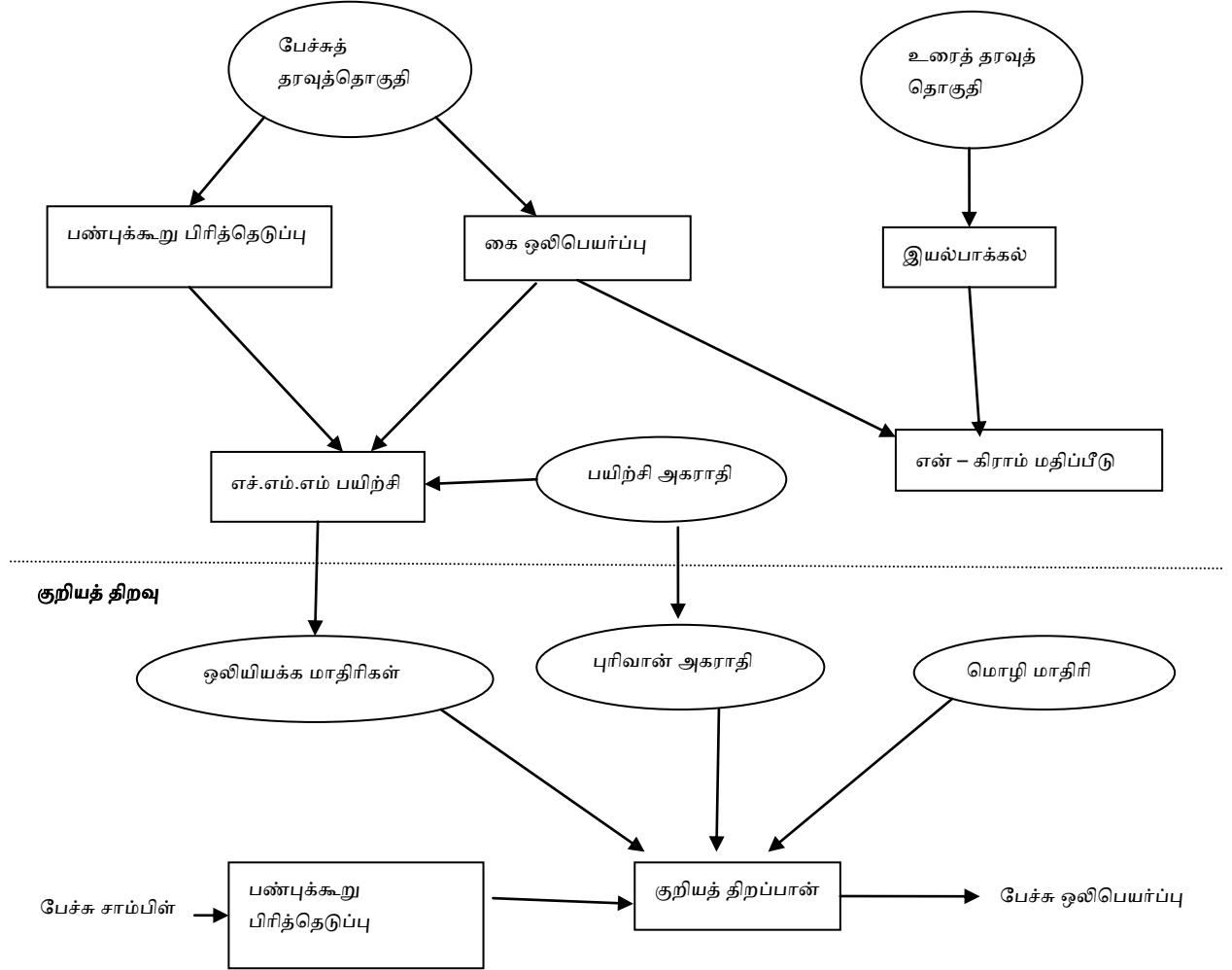
மருத்துவ ஊனங்கள்

திரும்பநேரும் மிகைமுயற்சிக் காயங்கள் (repetitive strain injuries (RSI), தசைத் தேய்வு (muscular dystrophy) மற்றும் பிற உடல்சார்ந்த எல்லைகள் காரணமாகப் பலருக்கும் தட்டச்சுசெய்வது கடினமாக இருக்கும்; இவர்கள் பேச்சு புரிதல் ஒழுங்குமுறையைப் பயன்படுத்துகின்றனர். பேச்சுக் கேட்பதில் சிரமம் உள்ளவர்கள் தொலைபேசியுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒழுங்குமுறையைப் பயன்படுத்தலாம்; அது அழைப்பவர்களின் பேச்சை உரையாக மாற்றித்தரும்.

6.8. பொதுவான பேச்சுப்புரிதல் ஒழுங்குமுறை

ஒரு பொதுவான பேச்சுப் புரிதல் ஒழுங்குமுறையின் (generic speech recognition system) முக்கிய உட்கூறுகள் பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது (Lamel and Gauvain, 2003: 306). முக்கிய அறிவு மூலங்கள் (பேச்சு மற்றும் உரை பயிற்சிப் பொருட்கள் மற்றும் உச்சரிப்பு அகராதி), பண்புகூறு ஆய்வு (அல்லது அளபுருவாக்கம் (parameterization)), பயிற்சிக் கட்டத்தில் மதிப்பிடப்படும் ஒலியியக்க மற்றும் மொழி மாதிரிகள் மற்றும் குறியத்திறபான்கள்/குறிய விளக்கிகள் (decoders) என்ற தனிமங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் விளக்கம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது (Lamel and Gauvain, 2003: 306).

பயிற்சி



குறியத் திறவு

6.9. ஒலியியக்க அளபுருவாக்கமும் மாதிரியாக்கமும்

ஒலியியக்க அளபுருவாக்கமும் மாதிரியாக்கமும் (acoustic parameterization and modelling) பேச்சுப் புரிதலுக்கான மொழியியல் தகவல்களைப் பராமரிக்க முயலுகையில் மாதிரிச் சிக்கலைக் குறைப்பதற்காக ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறுகளின் தேர்வு (choice) மற்றும் உகப்பாக்கத்துடன் (மிகையாக்கம்) (optimization) அக்கறைகொண்டுள்ளது. ஒலியியக்க மாதிரியாக்கம் பேச்சு அடையாளக்குறியில் இருக்கும் மாறுபடும் தன்மையின் வேறுபட்ட மூலங்களைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும்: மொழியியல் சூழலில் தோன்றுபவை மற்றும் பேசுபவர் மற்றும் ஒலியியக்கச் சூழல் (எ.கா. பின்னணி இரைச்சல், இசை) போன்ற மொழியியல்

அல்லாத சூழல் மற்றும் பதிவு அலைவரிசை (recording channel) (எ.கா. நேரடியான ஒலிபெருக்கி, தொலைபேசி) இவற்றுடன் தொடர்புடையவை. தற்போதைய தொழில்நுட்ப ஒழுங்குமுறைகளானது (state-of-art systems) ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறு திசையன்களின் (acoustic feature vectors) ஒரு கோர்வையின் நிகழ்தகவு அடர்த்திச் செயற்பாட்டை (probability density function) மாதிரியாக்கம் செய்வதைக் கொண்டிருக்கும் ஒலியியக்க மாதிரியாக்கத்திற்கு மறைக்கப்பட்ட மார்க்கோவ் மாதிரிகளைப் (Hidden Markov Models (HMM)) பயன்படுத்துகின்றது. இங்கு பொதுவான அளபுருவாக்கங்கள் விளக்கப்படுவதுடன் ஒலியியக்க மாதிரி மதிப்பீடு/கணக்கீடு (acoustic model estimation) மற்றும் ஏற்றுக்கொள்கை (adaptation) விவாதிக்கப்படும் (Lamel and Gauvain, 2003: 307-312).

6.9.1. ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறு ஆய்வு

ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறிகளின் ஆய்வின் முதல் படி இலக்கமாக்கல் (digitization) ஆகும்; இதில் தொடர்ச்சியான பேச்சு அடையாளக்குறி வெவேறான மாதிரிக்கூறுகளாக மாற்றப்படும். மிகப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் மாதிரிக்கூறு வீதங்கள் நேரடியான ஒலிவாங்கி உள்ளீட்டிற்கு 16 கி.ஹெட்சும் 10 கி.ஹெட்சும் ஆகும்; தொலைபேசி அடையாளக்குறிகளுக்கு 8 கி.ஹெட்சும் ஆகும். அடுத்த படி பண்புக்கூறு பிரித்தெடுப்பாகும் (அளபுருவாக்கம் அல்லது முன்னிறுதி ஆய்வு); முக்கியமான மொழியியல் தகவல்களைத் தக்கவைத்துக்கொண்டு மிகைமையை நீக்கவும் மாறுபடும் தன்மையை குறைக்கவும் முயற்சிசெய்துகொண்டு கூடுதல் கச்சிதமான வழியில் கேட்பொலி அடையாளக்குறிகளை உருப்படுத்தும் செய்வது அதன் நோக்கமாகும். பெரும்பாலான புரிதல் ஒழுங்குமுறைகள் ஃபூயர் மாற்றம் (Fourier transform) அல்லது நேரியல் முன்கணிப்பு மாதிரி (linear prediction model) அடிப்படையிலான குறுகிய கால செப்டரல் பண்புக்கூறுகளைப் (short-time spectral features) பயன்படுத்துகின்றன. கச்சிதமான உருப்படுத்தும் என்பதாலும் நேரடி செப்டரல் கூறுகளைக்காட்டிலும் (direct spectral components) குறைவாகவே இயைபுபடுத்தப்பட்டுள்ளது என்ற காரணத்தாலும் செப்டரல் அளகைகள் பிரபலமானவை ஆகும். இது பண்புக்கூறு சார்பை (feature dependency) மாதிரிப்படுத்த வேண்டிய தேவையை குறைத்து எச்.எம்.எம். அளகைகளின் (HMM parameters) கணக்கீட்டை எளிமைப் படுத்துகின்றது. பேச்சுக் குறிகள் தொடர்ச்சியாக மாறிக்கொண்டிருந்தாலும் பேச்சொலிப்பான்கள் இயங்கவியலும் விகிதத்தின் மீதான இயற்பியல்சார் கட்டுப்பாடுகள் காரணமாகக் குறிகளைக் குறைந்த கால அளவுகளில் பகுதி நிலையானவை (quasi-stationary) என்று கருத இயலும் என்பது இயல்பான ஊகம் ஆகும்.

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankarvelayuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

மிகப் பிரபலமான இரண்டு குழம்பு பண்புக்கூறுகள் மெல் நிகழ்வெண் செப்ட்ரல் (Mel Frequency Ceptral (MFC) பகுப்பாய்வால் அல்லது பெர்-செப்ட்ரல் நேரியல் முன்கணிப்பு (Perceptual Linear Prediction (PLP) பகுப்பாய்வால் கிடைக்கப்பெறும் செப்ட்ரம் குணகங்கள் (cepstrum coefficients) ஆகும். இந்த இரண்டு நேர்வுகளிலும் மெல் அளவு குறைந்தகால திறன் அலைமாலை (short-term power spectrum) ஒரு குறிப்பிட்ட சாளரத்தில் (பெரும்பான்மையும் 20 முதல் 30 மில்லிசெகண்ட்) கணிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒலிக்குறியின் சாளரமாகத்தால் ஏற்பட்ட தொடர்பின்மைகள் காரணமாக அலைமாலையில் போலியான மிக உயர்ந்த நிகழ்வெண்ணைத் தவிர்க்க ஹாமிங் சாளரம் (Hamming window) போன்ற ஒடுங்கிய சாளரத்தைப் பயன்படுத்துவது பொதுவானதாகும். சாளரம் பின்னர் இடம்பெயர்க்கப்படும் (பெரும்பான்மையும் சாளர பரிமாணத்தின் முக்கால் அல்லது அரை) மற்றும் அடுத்த பண்புக்கூறு திசையன் (வெக்டர்) கணிக்கப்படும். மிகப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஆப்செட் (நஷ்ட ஈடு/பக்கக்கிளை) 10 மில்லி செகண்ட் ஆகும். குறைந்த நிகழ்வெண் பரப்பெல்லையில் (1000 ஹெட்ஸ்க்கும் கீழ்) மற்றும் 1000க்கும் மேல் லாக்கிரதமிக்காகவும் நேரியலாக இருப்பதால் மெல் அளவு மனித செவிப்புலன் ஒழுங்கமைப்பை (human auditory system) கிட்டத்தட்ட ஒத்திருக்கின்றது. இறுப்பான்வங்கி அளகைகளின் லாக்கின் மறுதலை மாற்றத்தை எடுத்துக்கொண்டு செப்டல் அளகைகள் பெறப்படுகின்றது. எம்.எஃப்.சி. குணகத்தின் நேர்வில் ஒரு கொசைன் மாற்றம் லாக் பவர் அலைமாலைக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; ஆனால் ஒரு ரூட்-லினியார் முன்கணிப்பு குறியனாக்கம் (root-Linear Predictive Coding (LPC) பகுப்பாய்வு பி.எல்.பி. செப்ட்ரம் குணகங்களைப் பெறுவதற்காக பயன்படுத்தப்படுகின்றது. LVCAR-க்கு இரு குழம்பு பண்புக்கூறுகளும் வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; ஆனால் பி.எல்.பி. பகுப்பாய்வு பின்னணி இரைச்சலின் இருப்பில் சில ஒழுங்குமுறைகள் கூடுதல் பலமானதாகக் காணப்படுகின்றது. ஒலிக் குறியின் சாளரப் பகுதியுடன் தொடர்புடைய செப்டல் குணகத்தின் குழம்பு சட்டகம் அல்லது பாரமீட்டர் வெக்டர் என்று குறிப்பிடப்படுகின்றது. செப்ட்ரல் சராசரியைக் கணிப்பது செயற்பாங்கிற்கு முன்னரே ஒலிக்குறிகள் எல்லாம் கிடைப்பதை வேண்டும்; செயற்பாங்கு பதிவுசெய்வதுடன் ஒத்திசையவேண்டி வருகிற ஒருசில பயன்பாட்டில் இது அப்படியல்ல. இந்நேர்வில் செப்ட்ரல் குறைத்தலில் மாற்றியமைக்கப்பட்ட வடிவதை நிறைவேற்ற இயலும்; இதில் இறுதி n சட்டகங்களிலிருந்து (n என்பது பேச்சின் 1sக்கு இணையாக/பொருத்தமாகக் கிட்டத்தட்ட 100 எனத் தெரிந்தெடுக்கப்படும்) நடப்பு சராசரி

கணக்கிடப்படுகின்றது. பேச்சுக் குறிகளின் இயக்க இயல்பைப் பெறுவதற்காக 'டெல்டா' அளகை கொண்ட பண்புக்கூறு திசையனை அதிகரிப்பது பொதுவானதாகும். அடுத்தடுத்த சட்டகங்களில் அளகைகளின் முதல் மற்றும் இரண்டாவது வேறுபாடுகளை எடுத்துக்கொண்டு டெல்டா அளகைகள் கணக்கிடப்படுகின்றது.

6.9.2. ஒலியியக்க மாதிரிகள்

மறைக்கப்பட்ட மார்கோவ் மாதிரிகள் ஒலியியக்கப் பண்புக்கூறு திசையன்களின் (acoustic feature vectors) கோர்வைகளை மாதிரிப்படுத்தப் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இம்மாதிரிகள் அவை செயல்திறன்மிக்கவை மற்றும் நன்றாக நிறுவப்பட்ட நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி அவற்றின் அளகைகளைத் திறமையாக மதிப்பிட இயலும் என்ற காரணங்களால் பிரபலமானவை. இரண்டு கட்டங்களில் பேச்சுப் பண்புக்கூறு திசையன்களின் (speech feature vector) உற்பத்தியை மாதிரிப்படுத்த அவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. முதலாவது மார்கோவ் சங்கலி ஒரு கோர்வை நிலைகளை உருவாக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; இரண்டாவது ஒவ்வொரு நிலையுடன் தொடர்புடைய நிகழ்தகவு அடர்த்திச் செயல்பாட்டைப் (probability density function) பயன்படுத்திப் பேச்சு திசையன்கள் பெறப்படுகின்றன. மார்க்கோவ் சங்கலி நிலைகளின் எண்ணிக்கையாலும் நிலைகளுக்கு இடையிலுள்ள நிலைமாற்ற நிகழ்தகவுகளாலும் விளக்கப்படுகின்றது.

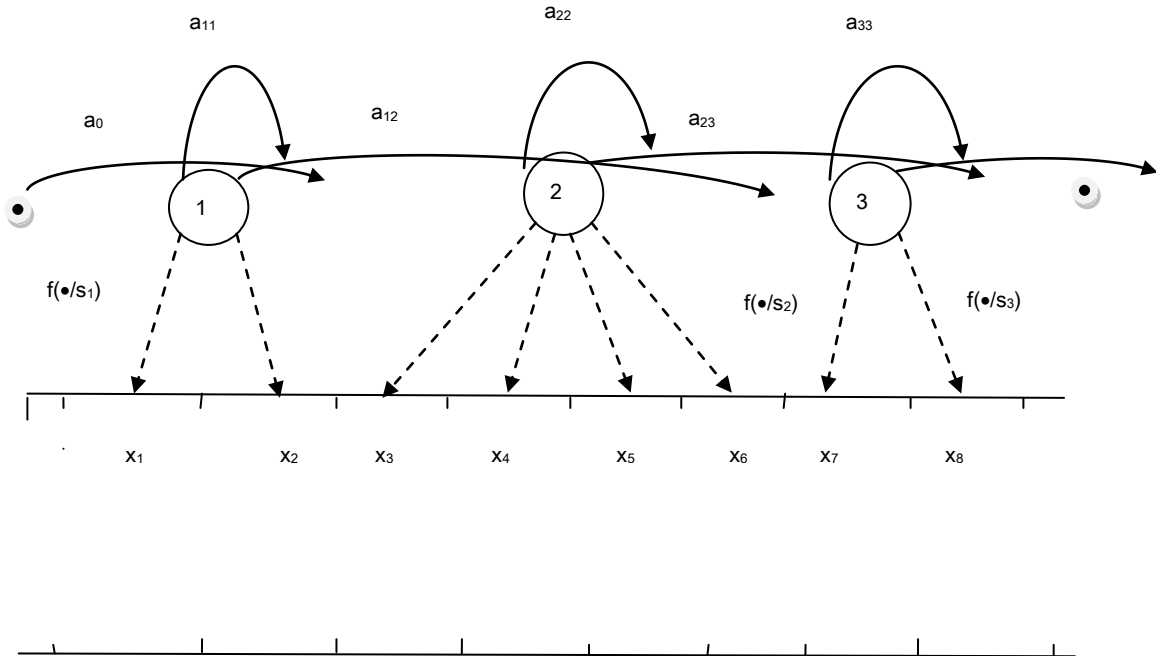
எல்.வி.சி.எஸ்.ஆர் (LVCSR) ஒழுங்குமுறைகளில் மிகப்பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் தொடக்கநிலை ஒலியியக்க அலகுகள் ஒலி அடிப்படையிலானதாகும்; இதில் ஒவ்வொரு ஒலியும் குறைந்த எண்ணிக்கையிலான நிலைகள்கொண்ட மார்கோவ் சங்கலியால் உருப்படுத்தம் செய்யப்பட்டுள்ளது. வேறுபட்ட கட்டமைப்பியல்கள் முன்மொழியப்பட்டாலும் காலக்குறுக்காக அலைமாலை மாற்றத்தைப் பெறுவதற்கு இடமிருந்து வலமான நிலைக் கோர்வைகளைப் (state sequences) பயன்படுத்துகின்றது (Lamel and Gauvain, 2003: 309). மிக அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற கட்டமைப்பு ஒவ்வொரு மாதிரிக்கும் உமிழும் நிலைகளை மூன்றிற்கும் ஐந்திற்கும் இடையில் கொண்டிருப்பதாகும்; இங்கு நிலைகளின் எண்ணிக்கை அலகிற்கு ஒரு குறைந்த கால அளவை வற்புறுத்துகிறது. சில கட்டமைப்புகள் தேவைப்படுகின்ற கால அளவை குறைப்பதற்காக சில நிலைகளைத் தவிர்க்க அனுமதிக்கின்றது. கவனித்தலின் நிகழ்தகவு (அதாவது பேச்சு திசையன்) முதல் ஒழுங்குமுறை மார்க்கோவ் கருதுகோள் (first-order Markov assumption) என்று அழைக்கப்படுகின்ற நிலையைச் சார்ந்திருப்பதாக கருதப்படுகின்றது.

சரியாகச் சொன்னால் λ அளகை திசையன் கொண்ட N நிலை எச்.எம்.எம். தரப்படுகையில், எச்.எம்.எம். வாய்ப்பியல் செயல்பாடு பின்வரும் இணைந்த நிகழ்தகவு அடர்த்தி செயல்பாடு $f(x,s|\lambda)$ $x=(x_1,\dots,x_T)$ என்ற கவனிக்கப்பட்ட ஒலிக்குறி $s = (s_0,\dots,s_T)$ என்ற கவனிக்கப்படாத கோர்வை,

$$f(x,s|\lambda) = \pi_{s_0} \prod_{t=1}^T a_{s_t-s_{t-1}} f(x_t|s_t)$$

இதில் π_i தொடக்க சாத்திய நிலை i , a_{ij} நிலையிலிருந்து j நிலைக்கு நிலைமாற்ற சாத்தியம் மற்றும் $f(\cdot|s)$ என்பது ஒவ்வொரு s நிலையுடன் தொடர்புடைய உமிழும் PDF. பின்வரும் படம் நிலைமாற்ற நிகழ்தகவுகள் மற்றும் பி.டி.எஃப்கள் கவனித்தல் தொடர்புடைய மூன்று எச்.எம்.எம். மூன்று நிலையைக் காட்டுகின்றது (Lamel and Gauvain 2003:309).

பேச்சு கூறுகளை உருப்படுத்தம் செய்யும் ($x_1\dots x_2$) திசையன்களை உருவாக்கும் தவிர்ப்பு நிலை கொண்ட எச்.எம்.எம். ஒரு எடுத்துக்காட்டான இடவல 3-நிலை ஒலி



ஒலி அடிப்படையான மாதிரிகள் (phone based models) ஒரு தரப்பட்ட மொழியின் தொடக்க அலகுகளைப் (elementary units) பயன்படுத்தி அறிதல் அகராதிகளை (recognition dictionaries) விளக்க இயலும் என்ற அனுசூலத்தைத் தருகின்றது; மற்றும் பல மொழியியல் ஆய்வுகளிலிருந்து நன்மையைப் பெறுகின்றது. ஒரு ஒலியனியல் அகராதியைப் பயன்படுத்தாமலேயே “சொல் மாதிரிகள்” (“word models”) அல்லது ஃபெனோன்கள் (fenones) போன்ற வேறுபட்ட பொருத்தத்தால் பேச்சு அறிதலைச் செய்ய இயலும். (சொற்கள், அசைகள், உப அசைகள் போன்ற) பெரிய அலகுகளுடன் ஒப்பிடுகையில் சிறிய துணைச்சொல் அலகுகள் அளகைகளின் எண்ணிக்கையைக் குறைக்கின்றது; குறுக்குச்சொல் மதிரியாக்கத்தை இயலச்செய்கின்றது; புதிய சொற்றொகையை எடுத்துச்செல்ல வசதிசெய்கின்றது; மிக முக்கியமாக அரிதான சூழல்களை மாதிரிப்படுத்த பின்வாங்கும் நுட்பங்களுடன் (back-off mechanisms) தொடர்புபடுத்த இயலும். ஃபெனோன் தானியங்கு பயிற்சிக்குக் கூடுதல் அனுசூலத்தைத் (நன்மையை) தர இயலும்; இருப்பினும் காரணகாரியமான மொழியியல் அறிவை (a priori linguistic knowledge) உட்படுத்த திறனில்லை.

ஒரு தரப்பட்ட எச்.எம்.எம். ஒரு ஒலியின் அண்மையிலுள்ளவைகளை (சூழல்-சாரா அல்லது ஒற்றையொலி மாதிரி (context-independent or monophone model)) அல்லது ஒரு குறிப்பிட்ட சூழலில் ஒரு ஒலியைக் (context-dependent model) கருத்தில் கொள்ளாமல் ஒரு ஒலியை உருப்படுத்தம் செய்ய இயலும். சூழல் ஒரு சொல்லுக்குள் (சொல்-இருப்பிடச் சார்பு) ஒரு ஒலியின் இருப்பிடத்தை உட்படுத்தவோ உட்படுத்தாதிருக்கவோ செய்யலாம் மற்றும் சொல் அக மற்றும் குறுக்குச் சொல் சூழல்கள் ஒன்றிணைக்கப்படவோ அல்லது தனியான மாதிரிகளாகக் கருதப்படவோ செய்யலாம். சொல் குறுக்கான சூழல்களைப் பயன்படுத்துவது குறித்திறவைச் சிக்கலாக்கும். நிகழ்வெண் அடிப்படையில் அல்லது கொத்தாக்க நுட்பங்களை (clustering techniques) அல்லது தீர்மானக் கிளை அமைப்புகளைப் (decision trees) பயன்படுத்தி சூழல் அலகுகளைத் தேர்ந்தெடுக்க வேறுபட்ட அணுகு முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன; மற்றும் வேறுபட்ட சூழல் வகைகள் துருவி ஆயப்பட்டுள்ளன: (உள்ளுக்குள் அல்லது குறுக்குச் சொல்) இருப்பிடச் சார்பு கொண்ட மற்றும் சார்பில்லாத தனி ஒலிச் சூழல்கள் (single phone contexts), மூவொலிகள் (triphones), பொதுமையாக்கப்பட்ட மூவொலிகள் (generalized triphones), நாலொலிகள் (quadphones), ஐந்தொலிகள் (quinphones). மாதிரி அளவை குறைக்கும் படி மாதிரி

நிலைகள் கொத்தாக்கம் செய்யப்பட்டன; இது 'கட்டப்பட்ட நிலை' மாதிரிகள் ('tied state models') என்று குறிப்பிடும்படி விளைவை ஏற்படுத்தியுள்ளது.

ஒலியியக்க மாதிரிப் பயிற்சி ஒவ்வொரு எச்.எம்.எம். அளகைகளை மதிப்பீடு செய்வதைக் கொண்டிருக்கும். தொடர்ச்சியான அடர்த்திக்கு காசியன் கலவை (Gaussian mixture) எச்.எம்.எம்.களுக்கு இது சராசிரிகளை/வழிகளை மற்றும் இணைமாறுபாட்டு அணிகள், கலவை எடைகள் மற்றும் நிலைமாற்ற நிகழ்தகவுகள் இவற்றை வேண்டும். மிக பிரபலமான அணுகுமுறைகள் மாதிரிக்கும் பயிற்சித் தரவுக்கும் நல்ல பொருத்தத்தை உறுதிசெய்கின்ற அதிகச் சாத்திய அளவுகோலைப் (maximum likelihood criterion) பயன்படுத்துகின்றன.

மாதிரி அளகைகளின் மதிப்பீடு எதிர்பார்ப்பு உச்சமடையசெய்தல் (expectation-maximization (EM)) வழிமுறையுடன் செய்யப்படுகின்றது; இது மாதிரி அளகைகளின் தொடக்கக் குழுமத்துடன் தொடங்குகிற பன்முறைநிகழும் செயல்முறையாகும். மாதிரி நிலைகள் பயிற்சித் தரவுக் கோர்வைகளுடன் வரிசைப் படுத்தப்படுகின்றது; மற்றும் இந்த அளகைகள் பாம்-வெல்ச் மீள்மதிப்பீட்டு வாய்ப்புகளைப் (Baum-Welch re-estimation formulas) (Baum et al 1970; Liporace 1982; Juang 1985) பயன்படுத்தி இப்புதிய வரிசைப்படுத்தல் அடிப்படையில் மீள்மதிப்பீடு செய்யப்படுகின்றது. இவ்வழிமுறை தரப்பட்ட பயிற்சித் தரவு மாதிரிகளின் நிகழ்வியல்பு ஒவ்வொரு மறுசெய்கையிலும் அதிகரிப்பதை உறுதி செய்கின்றது. வரிசைப் படுத்தும் கட்டத்தில் தரப்பட்ட பேசு சட்டகம் முன்னோக்கிய-பின்னோக்கிய வழிமுறைகளைப் (forward-backward algorithm) பயன்படுத்தி பல்நிலைகளுக்கு அல்லது விட்டர்பி வழிமுறையைப் (Viterbi algorithm) பயன்படுத்தி ஒரு தனி நிலக்கு ஒதுக்கீட்டு செய்ய இயலும். இந்த இரண்டாவது அணுகுமுறை சிறிது குறைந்த நிகழ்வியல்புகளைத் தருகின்றது; ஆனால் நடைமுறையில் குறிப்பாக அதிக அளவிலான தரவு கிடைக்கையில் துல்லியத்தில் அவ்வளவாக வேறுபாடு இருக்காது. எதிர்பார்ப்பு உச்சமடையசெய்தல் வழிமுறை (EM algorithm) உண்மையான அதிகபட்ச நிகழ்வியல்பு அளகை மதிப்புகளைக் (true maximum likelihood parameter values) கண்டறிவதை உறுதி செய்யாது; மற்றும் உண்மையான அதிகபட்ச நிகழ்வியல்பு அளகை மதிப்பீடுகள் (true maximum likelihood estimates) பெறப்பட்டாலும் பேச்சு அறிதலுக்கு மிகச் சிறந்தவைகளாக இருக்காது. எனவே சரியான தொடக்கச் செயல்முறைகள் மற்றும் அளகை மதிப்புகளின் மீது கட்டுப்பாடுகளைப் பயன்படுத்தல் போன்ற நடைமுறைபடுத்தும் விளக்கங்கள் மிக முக்கியமானதாக இருக்கவியலும்.

பயிற்சியின் நோக்கம் கவனிக்கப்பட்ட தரவுக்கு விளக்கமளிக்க நல்ல மதிரியைக் கண்டுபிடிப்பது என்பதால் பேச்சு அறிவானின் (speech recognizer) செயல்திறன் பயிற்சித் தரவின் பிரதிநிதித்துவத்தைச் முற்றிலும் சார்ந்து இருக்கின்றது. இந்தச் சார்பைக் குறைப்பதற்கான சில முறைகள் அடுத்தபகுதியில் கூறப்பட்டுள்ளன. பெரிய பேச்சாளர் தொகையிலிருந்து பெறப்பட்ட தரவைக் கொண்ட பெரிய பேச்சு விரிதரவுகள் மீதான ஒலியியக்க மாதிரிகளின் அளகைகளை மதிப்பீடுசெய்து பேச்சாளர் சுதந்திரம் பெறப்பட்டுள்ளது. உடற்கூறியியல் மற்றும் சமூக வேறுபாடுகளின் காரணமாக ஆண் பேச்சாளர்களுக்கும் பெண் பேச்சாளர்களுக்கும் இடையில் பேச்சு வடிவில் கணிசமான வேறுபாடுகள் உள்ளன. (சராசிரியாகப் பெண்களுக்குப் பேச்சுக் குழலின் நீளம் குறைவாக உள்ளதால் இது அதிக ஒத்ததிர்வுத்தொகுப்பு/ஒலிச்செறிவு (formant) நிகழ்வெண்களை விளைவிக்கும்; குரல்வளை மடல்கள் (vocal folds) முழுமையாக மூடாததன் காரணமாகப் பெண்களின் குரல் பெரும்பான்மையும் மூச்சிரைப்புடன் இருக்கும்). இதன் காரணமாகப் பேச்சு அறிதல் திறனை மேம்படுத்த ஆண்களுக்கும் பெண்களுக்கும் தனித்தனியான மாதிரிகளைப் பயன்படுத்துவது பொதுவான நடைமுறையாகும்; இது முறைப்படியாகத் தானியங்கு பால் அடையாளங்காணலை வேண்டும்.

6.9.3. தழுவல் (adaptation)

இப்பகுதியில் தொடர்ச்சியான அடர்த்தி எச்.எம்.எம். கொண்டு பயன்படுத்தப்படுகின்ற நுட்பங்கள் பற்றி விளக்கப்படும் (Lamel and Gauvain 2003:311-312).

பயிற்சி நிலைமைகளுக்கும் (training conditions) சோதனை நிலைமைகளுக்கும் (test conditions) இடையில் பொருத்தமின்மை (mismatch) இருக்குமானால் பேச்சு அறிவான்களின் (speech recognizers) திறன்கள் குறையும். பொருத்தமின்மையைக் குறைக்க பொருத்தமான நிலைமைகளில் கிடைக்கும் துல்லியத்தைப் பெறுவதற்குப் பல அணுகுமுறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒலியியக்கவியல் சூழல் (acoustic environment), ஒலிவாங்கி (microphone) மற்றும் ஒலிபரப்பு அலைவரிசைகள் (transmission channels), அல்லது ஒரு குறிப்பிட்ட பேசுபவரின் சிறப்பியல்புகள் இவற்றில் உள்ள வேறுபாடுகள் போன்ற பயிற்சி மற்றும் சோதனை கட்டுப்பாடுகளுக்கு இடையே உள்ள பொருத்தமின்மைகளை ஈடுசெய்ய ஒலியியக்க மாதிரித் தழுவலைப் பயன்படுத்த இயலும். இந்த நுட்பங்கள் இரைச்சல் ஈடாக்கம் (noise compensation), அலைவரிசைத் தழுவல் (channel adaptation), பேசுபவர் தழுவல் (speaker adaptation) என முறையே பொதுவாக அழைக்கப்படுகின்றன. பொதுவாக அலைவரிசை வகை (channel type), பின்னணி இரைச்சல் சிறப்பியல்புகள் (background noise characteristics) அல்லது பேசுபவர் இவற்றின் முன்னறிவு இல்லாததன் காரணமாக கண்காணிக்கப்படாத முறையில்

(unsupervised mode) சோதனைத் தரவை (test data) மட்டும் பயன்படுத்தி தழுவல் நிறைவேற்றப்படுகின்றது.

பல நேர்வுகளில் பிரதிநிதித்துவத் தரவுகள் குறைந்த அளவிலேயே கிடைப்பதால் குறைந்த அளவிலான தரவை ஈடுசெய்ய வேண்டி ஒலியியக்க மாதிரிப் பயிற்சியில் (acoustic model training) ஒரே கருவிகளைப் பயன்படுத்த இயலும். பிற பெரிய அளவிலான மூலத் தரவின் மீது பயிற்சிசெய்யப்பட்ட மாதிரிகளைத் தழுவச்செய்ய பிரதிநிதித்துவத் தரவின் சிறிய அளவைப் பயன்படுத்துவது அடிப்படையான கருத்தாகும். பால் சார்ந்த (gender-dependent), பேசுபவர் வரையறுக்கப்பட்ட (speaker-specific), அல்லது செய்பாடு வரையறுக்கப்பட்ட (task-specific) மாதிரிகளை உருவாக்குவது அல்லது செயல்திறனை மேம்படுத்த பேச்சுபவர் தழுவிய பயிற்சியைப் (speaker adaptive training (SAP)) பயன்படுத்துவது என்பன சில எடுத்துக்காட்டான பயன்பாடுகள் ஆகும்.

எச்.எம்.எம்.-இன் அளகைகளைத் தழுவ மூன்று பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் திட்டங்களை வேறுபடுத்த இயலும்: பெய்சியன் தழுவல் (Bayesian adaptation), நேரியலான மாற்றங்கள் (linear transformation) அடிப்படையிலான தழுவல், மாதிரி இணைப்பாக்க நுட்பங்கள் (model composition techniques). மாதிரி அளகைகள் மீது நிகழ்தகவுக் கட்டுப்பாடுகளைச் சேர்த்துப் பயிற்சி செயல்முறையில் முன்னறிவை உட்படுத்தும் வழியாகப் பெய்சியன் கணக்கீட்டை காணவியலும். எதிர்பார்ப்பு உச்சமடையசெய்தல் வழிமுறையைக் (EM algorithm) கொண்டு, ஆனால் அதிகபட்ச விதிவரு முறையிலான (maximum a posteriori (MAP) மீள்கணக்கீட்டு வாய்பாடுகளைப் (re-estimation formulas) பயன்படுத்தி எச்.எம்.எம். அளகைகள் இன்னும் கணக்கிடப்படுகின்றது. இது அதிகபட்ச விதிவரு முறை (MAP) தழுவல் நுட்பத்திற்குக் கொண்டுசெல்கின்றது; இதில் எச்.எம்.எம். அளகைகள் மீதான கட்டுப்பாடுகள் நிலவிலிருக்கின்ற மாதிரியின் அளகைகளின் அடிப்படையில் கணக்கிடப்படுகின்றது. பேசுபவர் சுதந்தரமான ஒலியியக்க மாதிரிகள் பால் சிறப்பீட்டு தரவைப் பயன்படுத்திப் பால் தழுவலுக்கு தொடக்க மாதிரிகளாகச் செயல்பட இயலும். அடையாளப்படுத்தப்பட்ட பயிற்சித் தரவுகள் கிடைக்கின்ற அதிகபட்ச விதிவரு முறையிலான (maximum a posteriori (MAP) தழுவல் எந்த விருப்புகின்ற நிலைமையையும் தழுவுவதற்குப் பயன்படுத்த இயலும். நேரியல் மாற்றங்கள் அதிகபட்ச நிகழ்வியல்பு பயிற்சிசெய்யப்பட்டவை மற்றும் எச்.எம்.எம். காசியன் சராசிரிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது; மட்டுமன்றி காசியன் மாறுபாட்டு அளகைகளுக்கும் பயன்படுத்த இயலும். அதிகபட்ச நிகழ்வியல்பு நேரியல் பின்னடைவு நுட்பம் கண்காணிக்கப்படாத

=====

Language in India www.languageinindia.com ISSN 1930-2940 19:10 October 2019

Prof. Rajendran Sankarvelayuthan

Acoustic Phonetics and Text to Speech Processing and Speech to Text Processing (Tamil)

தழுவலுக்குப் பொருத்தமானதாகும்; ஏனென்றால் தழுவல் அளகைகள் மிகக்குறைவானவை ஆகும். எம்.எல்.எல்.ஆர். தழுவல் பரிசோதனைத் தரவுக்கும் பயிற்சித் தரவுக்கும் பயன்படுத்த இயலும். பின்னணி இரைச்சலை வெளிப்படையாக மாதிரிப்படுத்தி மற்றும் இந்த மாதிரியைச் சுத்தமான பேச்சு மாதிரியுடன் இணைத்து கூட்டத்தக்க இரைச்சலுக்கு ஈடுசெய்ய மாதிரி இணைப்பாக்கம் பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இந்த அணுகுமுறை இரைச்சல் அலைவரிசையை நேரடியாக மாதிரிப்படுத்தும் அணுகூலம் உள்ளது; இது ஒரே சிக்கலுக்கு எம்.எல்.எல்.ஆர். நுட்பத்தால் நிறைவேற்றப்படும் கண்முடித்தனமான தழுவலுக்கு எதிரானது.

தெரிந்தெடுக்கப்பட்ட தழுவல் முறை பொருத்தமின்மையின் வகைப் பொறுத்தும் கிடைக்கின்ற தழுவல் தரவின் அளவைப் பொறுத்தும் அமையும். ஒலியியக்கத் தொடக்க மாதிரிகளின் தழுவல் புதிய விரிதரவுக்கோ அல்லது பயிற்சித் தரவின் துணைகுழுமத்திற்கோ இருப்பது போன்று தழுவல் தரவு பயிற்சித் தரவின் (பால், கிளைமொழி, பேசுபவர், அல்லது ஒலியியக்க நிலைமை திட்டவட்டம்) பகுதியாக இருக்கலாம் அல்லது பயிற்சித் தரவாக (அதாவது ஒலிபெயர்தல் செய்யவேண்டிய தரவு) இருக்கலாம். தழுவல் தரவுக்கு நோக்கீட்டு ஒலிபெயர்ப்பு கிடைக்கக்கூடும் என்பதால் முந்தைய நேர்வில் கண்காணிக்கப்பட்ட தழுவல் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்த இயலும். பிந்தைய நேர்வில் கண்காணிக்கப்படாத நுட்பங்களைப் பயன்படுத்த இயலும்.

6.10. சொல்சார் மற்றும் உச்சரிப்பு மாதிரியாக்கம்

ஒலியியக்க நிலை உருப்படுத்ததிற்கும் (acoustic-level representation) பேச்சு அறிவானில் சொற்கோர்வை வெளியீட்டிற்கும் (word sequence output) இடையில் இருக்கும் தொடர்பு அகராதி (lexicon) ஆகும் (Lamel and Gauvain 2003:311-313). சொல் வடிவமைப்பு (lexical design) இரண்டு முக்கியப் பகுதிகளைத் தற்கோள் செய்யும்: சொற்றொகைச் சொற்களின் வரையறைவிளக்கமும் தேர்வும் மற்றும் அறிவானின் அடிப்படை ஒலியியக்க அலகுகளைப் பயன்படுத்தி ஒவ்வொரு உச்சரிப்பு பதிவின் உருப்படுத்தம். அறிதல் திறன் வெளிப்படையாக சொல்சார் உள்ளடக்கப் பரப்புடன் தொடர்புடையது மற்றும் ஒலியியக்க மாதிரிகளின் துல்லியம் ஒவ்வொரு சொல் பதிவுடன் தொடர்புடைய உச்சரிப்பின் உறுதிப்பாட்டுடன் தொடர்புகொண்டிருக்கும்.

அறிதல் சொற்றொகை ஒரு தரப்பட்ட அளவிலான அகராதியின் சொல்சார் உள்ளடக்கப் பரப்பை மிகுதியாக்கப் பெரும்பாலும் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றது. சராசரியாகச் சொற்றொகையில் இல்லாத சொல் ஒரு தனிப் பிழையை விடக் கூடுதல் பிழையை

வினைவிப்பதால் அறிதல் சொற்றொகையை மதிநுட்பத்துடன் தேர்ந்தெடுப்பது முக்கியமாகும். சொற்பட்டியல் தேர்வு அடுத்த தலைப்பில் விளக்கப்பட்டுள்ளது. தெரிந்தெடுக்கப்பட்ட தொடக்க அலகுகளைப் (பெருபாலும் ஒலியன்கள் அல்லது ஒலி போன்ற அலகுகளை) பயன்படுத்தி விளக்கப்பட்டுள்ள ஒன்றோ அதற்கு மேலோ உள்ள உச்சரிப்புகள் ஒவ்வொரு சொற்பதிவுடன் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது. இக்குழுமஅலகுகள் தெளிவாக மொழிச் சுதந்திரமானவை. எடுத்துக்காட்டாகப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒலிக் குழுமம் ஆங்கில மொழிக்கு 45, ஜெர்மன் மொழிக்கு 49 , பிரஞ்சு மொழிக்கு 35, ஸ்பானிஷ் மொழிக்கு 26 ஆகும். உச்சரிப்பு அடிப்படை வடிவங்களை உருவாக்குவதில் பெரும்பாலான அகராதிகள் தரமான உச்சரிப்புகளை உட்படுத்தும் மற்றும் வெளிப்படையாக மாற்றொலிகளை உருப்படுத்தம் செய்யாது. இந்த உருப்படுத்தங்கள் பெரும்பாலான மாற்றொலி பேதங்களாக விதிகளால் வருவதுரைக்க இயலும் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடு விருப்பாகும். மிகமுக்கியமாக ஒரு தரப்பட்ட ஒலியனின் வேறுபட்ட மாற்றொலிகளுக்கு இடையே பெரும்பாலும் ஒரு தொடர்ச்சி காணப்படும்; எது ஒரு தரப்பட்ட கூற்றில் வருகின்றது என்பது அகவயமானதாகும். ஒலியன்சார் உருப்படுத்தத்தைப் பயன்படுத்தி எந்த உறுதியான தீர்மானமும் திணிக்கப்படுவதில்லை; பயிற்சித் தரவில் கவனிக்கப்பட்ட மாற்றுருக்களை உருப்படுத்தம் செய்வது ஒலியியக்க மாதிரிகளிடம் விடப்பட்டுள்ளது. உச்சரிப்பு அகராதிகள் பெரும்பாலும் (அல்லது பகுதி அளவிலாவது) மனிதமுயற்சியால் உருவாக்கப்படும் போது தானியக்கமாகச் சொல் உச்சரிப்புகளைக் கற்பதற்கும் உருவாக்குவதற்கும் பல அணுகுமுறைகள் ஆயப்பட்டுள்ளன.

மாற்று உச்சரிப்பு மாற்றுருக்கள் கவனிக்கப்பட்டுள்ள பலவகைச் சொற்கள் உள்ளன; இந்த மாற்றுருக்கள் ஈருயிருடன் உச்சரிக்கப்படும் (/d/ அல்லது ஸ்வா /ə/) *ization* என்ற பின்னொட்டில் காணப்படுவது போன்று மாற்றொலி வேறுபாடுகள் அல்ல. *excuse, record, produce* போன்ற வேறுபட்ட சொல்வகைபாடுகளைச் (வினையை அல்லது பெயரை) சார்ந்த ஒப்பெழுத்துச் சொற்களுக்கும் (homographs) (ஒரே எழுத்துக்களை உடைய ஆனால் வெவ்வேறு உச்சரிப்புகளைக் கொண்ட சொற்கள்) மாற்று உச்சரிப்புகள் தேவை. *interest, company* போன்ற மூன்று அசைகளைக் கொண்ட சொற்கள் பெரும்பான்மையும் இரண்டு அசைகளாக உச்சரிக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக *interest* என்ற சொல் வேறுபட்ட பேசுபவர்களால் வேறுபட்டு உச்சரிக்கப்படுகின்றன. ஒரு நேர்வில் *interest /Intrɪst/* என்பது t நீக்கப்படும் n மூக்கு வருடொலியாகவும் */Inɜːls/* என்றும் மற்றொரு நேர்வில் இரு அசைகளாக விருப்பு உயிர் இன்றி *tr* மயக்கமாக */Intrɪs/* என்றும் உச்சரிக்கப்படுகின்றது. தேவைப்பட்ட மாற்றுருக்களை உள்ளடக்கிய

உச்சரிப்பு அகராதியுடன் கூடிய உகந்த வரிசையாக்கம் /intrist/, /intris/, /In3-ls/ என்பவைகளைக் கொண்டிருக்கவேண்டும். சரியான வரிசையாக்கம் கூடுதல் துல்லியமான ஒலியியக்க ஒலி மாதிரியில் விளையும். கவனமான சொல்சார் வடிவமைப்பு பேச்சு அறிதல் திறனை மேம்படுத்தும்.

விரைவாகப் பேசுபவரின் அல்லது தளர்ந்து பேசும் நடைகள் உள்ள பேசுபவர்களின் பேச்சு வடிவில் அழுத்தமில்லாத அசைகள், குறிப்பாக அழுத்தமில்லாத அசைகளின் வரிசைகள் கொண்ட நீண்ட சொற்களில், தெளிவற்று உச்சரிக்கப்படுவது (அல்லது உச்சரிக்காமல் விடப்படுவது) பொதுவான நேர்வாகும். நீண்ட சொற்கள் எடுத்துக்காட்டாக நன்றாக அறியப்பட்டாலும் பெரும்பாலும் அடுத்துவரும் செயல்பாட்டுச் சொல் நீக்கப்படுகின்றது. இவ்வகையிலான தவறுகளை குறைக்க positioning (/pəzɪʃənɪŋ/ அல்லது(/pəzɪʃənɪŋ/) போன்ற நீண்ட சொற்களுக்கு மாற்று உச்சரிப்புகளை ஸ்வா நீக்கம் அல்லது அழுத்தமில்லாத அசைகளில் அசை மெய்கள் இவற்றை அனுமதித்து அகராதியில் உட்படுத்தப்படவேண்டும். 'dija' என்று உச்சரிக்கப்படும் 'did you' அல்லது 'gonna' என்று உச்சரிக்கப்படும் 'going to' போன்ற பொதுவான சொல் கோர்வைகளுக்குக் குறைக்கப்பட வடிவுகளை உருப்படுத்தும் செய்யும் வழியாகக் கூட்டுச் சொற்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மாறாக அம்மாதிரியான சரளமான பேச்சு விளைவுகளை ஒலியனியல் விதிகளைப் பயன்படுத்தி மாதிரியாக்கம் செய்ய இயலும். இந்த ஒலியனியல் விதிகளுக்குப் பின்னால் வரும் கொள்கைகள் இம்மாதிரியான வேறுபாடுகளை கணக்கில் எடுக்க அனுமதிக்க இயலும் ஒலிக்கோர்வைகளை மாற்றுவதற்கு ஆகும். இவ்விதிகள் பயிற்சியின் போதும் அறிதலின் போதும் விருப்பாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஒலியன் விதிகள் தவறான ஒலிபெயர்ப்பால் மாசுபடுத்தப்படுவது குறைவு ஆகையால் பயிற்சியின் போது ஒலியன் விதிகளைப் பயன்படுத்துவது சிறந்த மாதிரிகளில் விளையும். அறிதலின் போது அவற்றைப் பயன்படுத்துவது தவறுகளின் எண்ணிக்கையைக் குறைக்கும் (Lamel and Gauvain 2003:311-313).

6.11. சுருக்கவுரை

இவ்வியலில் பேச்சிலிருந்து உரையாக்கம் அல்லது பேசுப் புரிந்துகொள்ளல் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. பொதுவான பேச்சுப்புரிதல் ஒழுங்குமுறைபற்றி விளக்கப்பட்டது. அடுத்ததாக ஒலியியக்க அளபுருவாக்கம் பற்றியும் மாதிரியாக்கம் பற்றியும் விவரிக்கப்பட்டது. இதைத் தொடர்ந்து சொல்சார் மற்றும் உச்சரிப்பு மாதிரியாக்கம் பற்றி கூறப்பட்டது.

இயல் 7

தமிழில் பேச்சிலிருந்து உரையாக்கம்

7.1. அறிமுகம்

பேச்சிலிருந்து உரை (Speech to text (STT) அதாவது பேச்சை உரையாக மாற்றுவது இயற்கைமொழி ஆய்வின் ஒரு சவாலான பணியாகும். இதைப்பற்றி விரிவாக இயல் 6இல் பார்த்தோம். தமிழில் பேச்சிலிருந்து உரை உருவாக்க முயற்சிகள் பற்றி இவ்வியலில் விளக்கப்படுகின்றது.

7.2. தமிழில் பேச்சிலிருந்து உரை உருவாக்க முயற்சிகள்

யெக்னநாராயணா (Nayeemulla Khan and Yegnanarayana 2001.), ஹேமா ஏ.மூர்த்தி (Lakshmi A. and Hema A. Murthy. 2006), ஏ.ஜி.ராமகிருஷ்ணன் மற்றும் டி.நாகராஜன் ஆகியோர் பேச்சை உரையாக மாற்றுவதற்கான அடித்தளத்தை அமைத்துள்ளனர். ஏ.ஜி.ராமகிருஷ்ணன் ஒரு பெரிய சொற்றொகையை உள்ளடக்கிய தமிழ் வெளிப்பாடுகளை அறிய நரம்பியல் பின்னல் மற்றும் முற்றுநிலை மாறிகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு தானியங்கி பேச்சு அறிதல் முறையை உருவாக்கினார். டி. நாகராஜன் DST-TIDE- நிதி உதவியுடன் "பெருமூளை வாதம் கொண்ட பேச்சாளர்களுக்கான பேச்சு-உள்ளீட்டு பேச்சு-வெளியீட்டு கருத்துப்பரிமாற்ற தொடர்பு உதவிக்கருவி' (Speech-Input Speech-Output Communicatin Aid (SISOCA) for speakers of Cerebral Palasy) என்ற மொன்பொருளை உருவாக்கினார். 'பேச்சிலிருந்து உரை'க்காக கூகிள் ஆட்மொப் (Google AdMob) ஒரு மென்பொருளைக் கொண்டுள்ளது. இது ஒலிவாங்கி மூலம் பேசப்படும் குரலை அடையாளம் கண்டு தமிழ் உரையைத் தானாகத் தட்டச்சு செய்யும். இந்தத் தட்டச்சு செய்த உரையை ஒருவர் சேமித்து எங்கும் பயன்படுத்தலாம். இந்த மென்பொருள் Google Chrome (பதிப்பு 25 அல்லது அதற்கு மேற்பட்டது) உலாவியில் (browser) மட்டுமே செயல்படும். கூகிள்பிளே தமிழ் பேசிலிருந்து உரை மாற்றியை வழங்குகிறது. அழகி ஆண்ட்ராய்டு பயன்பாடு- குரல் உள்ளீடு என்பது 100+ மொழிகளுக்கான பேசிலிருந்து உரை மாறியாகும். அழகி ஆண்ட்ராய்டு பயன்பாட்டைப் பயன்படுத்தும் போது, தட்டச்சு செய்வதைத் தவிர, ஒருவர் தமிழ் உட்பட பல மொழிகளில் பேசலாம் மற்றும் ஒருவரின் உரைகளை உருவாக்கலாம். கோயம்புத்தூர் கொங்கு பொறியியல் கல்லூரியின் தங்கராஜன் தமிழிற்கான பேசிலிருந்து உரை அமைப்பின் வளர்ச்சிக்கும் பங்களித்துள்ளார் (Thankarajan et al 2008 a, 2008 b). அகிலா மற்றும் பிறர் (Akila and et al 2013, 2015) தமிழில் பேச்சிலிருந்து உரை உருவாக்கத்திற்கான முயற்சிகள் மேற்கொண்டுள்ளனர்.

7.2.1. பேச்சுத்தரவுகள்

பேச்சிலிருந்து உரையாக்கத்திற்குப் பேச்சுத்தரவு முக்கியமானதாகும். மைசூரிலுள்ள இந்திய மொழிகளின் மைய நிறுவனம் தமிழ்ப் பேச்சுத்தரவை உருவாக்கியுள்ளது. இதன் விவரம் கீழே தரப்பட்டுள்ளது.

மொத்தம் பேசுபவர்கள் = 453

மொத்த மணிகள் = 213:37:27

குறிப்பு: பேச்சுத் தரவின் மொத்த மணிகள் தரமான பரிசோதனை முழுமையடையும் போது மாறும்.

பேச்சுத்தரவு அசைகளாகப் பிரிகப்படவேண்டும். அசைகளும் ஒலிகளும்/ஒலியன்களும் அடையாளப் படுத்தவேண்டும். இந்த அடையாளப்படுத்தப்பட்ட பேச்சுத்தரவை பயிற்சி கட்டதிலும் பரிசோதனைக் கட்டத்திலும் பயன்படுத்தலாம்.

7.2.2. தமிழுக்கான அசை அடிப்படையிலான தொடர்ச்சியான பேச்சு அறிவான் (A Syllable Based Continuous Speech Recognizer for Tamil)

லக்ஷ்மி மற்றும் ஹேம எ. மூர்த்தி என்போரின் (Lakshmi A. and Hema A. Murthy. 2006) A Syllable based continuous speech recognizer for Tamil (தமிழுக்கான அசை அடிப்படையிலான தொடர்ச்சியான பேச்சு அறிவான்) குறிப்பிட தகுந்த ஆய்வாகும். லக்ஷ்மி மற்றும் ஹேம எ. மூர்த்தி என்போர் தமது கட்டுரையில் அடையாளப்படுத்தப்படாத ஒலிபெயர்ப்பு செய்யப்பட்ட பயிற்சித் தரவு இருக்கும் போது அசையை அடிப்படையாகக் கொண்ட பேசு அறிவானை உருவாக்கும் ஒரு புதிய நுட்பத்தை முன்வைக்கிறனர். அவர்கள் பேசையும் மற்றும் பொருத்தமுள்ள உரையையும் ஒப்பிடத்தக்க அசைபோன்ற அலகுகளாகப் கூறிடவும் இரண்டு வெவ்வேறு கூறிடும் வழிமுறைகளை (two different segmentation algorithms) முன்வைக்கின்றனர். பேச்சுத் தரவிலிருந்து துல்லியமாக அசைபோன்ற அலகுகளைக் கூறிட ஒரு குழு தாமதத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட இரு நிலை கூறிடல் வழிமுறையை (group delay based two level segmentation algorithm) முன்மொழிகின்றனர். ஒரு விதி அடிப்படையிலான உரை கூறிடல் வழிமுறை பேச்சுடன் தொடர்புடைய உரையை தானியக்கமாக அசை அலகுகளாக அடையாளப்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அடையாளப்படுத்தப்பட பேச்சிலிருந்து எடுத்துக்காட்டுகளைச் சேகரிப்பதன் மூலம் எல்லா தனித்துவமான அசைகளுக்கும் பல சட்ட அளவையும் (multiple frame

size (MFS)) மற்றும் பல சட்ட வீதத்தையும் (multiple frame rate (MFR)) பயன்படுத்தி தொடர்பற்ற பாணி அசை மாதிரிகள் (isolated style syllable models) உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. தமிழ் மொழியில் நிகழ்த்தப்பட்ட சோதனைகள் பேச்சறியும் செயல்திறன் கைமுறையைப் பயன்படுத்தி கூறிடப்பட்ட பயிற்சித் தரவு பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட அறிவானுடன் ஒப்பிடத்தக்கது என்று காட்டுகின்றது. இந்தச் சோதனைகள் பேச்சு தரவின் வாக்கிய நிலை ஒலிபெயராக்கம் கிடைத்தால் பேசு அறியும் ஒழுங்குமுறையை உருவாக்கும் செலவைக் குறைக்க இயலும் என்று பரிந்துரைக்கின்றன.

தொடர்ச்சியான பேச்சு அறியும் ஒழுங்குமுறையை உருவாக்குவதில் தற்போதைய நாள் சவால் அமைப்பு என்பது தேவையான அடையாளப்படுத்தப்பட்ட ஒலிபெயர்க்கப்பட்ட பயிற்சித் தரவைப் பெறுவதற்கான செலவு ஆகும்; இது மனித சக்தி மற்றும் நேரம் என்ற இரண்டின் அடிப்படையில் ஒரு விலையுயர்ந்த செயல்முறையாகும். ஒலிபெயர்ப்பு செய்யப்படாத தரவைப் பயன்படுத்தி கண்காணிக்கப்படாத பயிற்சி நுட்பங்கள் அடிப்படையில் பல ஆராய்ச்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. இந்த உத்திகள் பெருமளவில் நம்பகமான பேச்சு அறிவான் (trusted recognizer, பெரிய அளவிலான ஒலியியக்கவியல்சார் தரவு (acoustic data) மற்றும் ஒரு நல்ல மொழி மாதிரியைப் language model பெரிதும் நம்பியுள்ளது. அசைகள் ஒலியியக்க அடிப்படையிலும் கேட்பு அடிப்படையிலும் நிலையான அலகுகள் என்று அறியப்படுவதால் கடந்த பத்தாண்டுகளாக அசை அடிப்படையிலான பேச்சு அறிதல் ஒழுங்கமைப்புகளின் முக்கியத்துவம் உணரப்பட்டுள்ளன. அசை அடிப்படையிலான பேச்சு அறிவானுக்குப் பயிற்சி அளிக்க கண்காணிக்கப்படாத அதிகரிப்புசார் நுட்பங்கள் (unsupervised incremental clustering techniques) முயற்சிக்கப்பட்டன (Sarada, Nagarajan Hemalatha and Hema A. Murthy 2004). இந்த நுட்பங்கள் அதிகரிப்பு அடிப்படையில் உருவாக்கப்பட்ட பேச்சு அறிவானைப் பயன்படுத்தி அசைக் கொத்துக்களை/திரள்களை தானியக்கமாக உருவாக்கப்பட அனுமதிக்கின்றது மற்றும் பின்னர் கொத்துக்கள்/திரள்கள் கைமுறையாக புலக்குறிப்பு செய்யப்படுகின்றன. இந்த அணுகுமுறையின் குறைபாடு வேறுபட்ட ஒன்றுபோல் ஒலிக்கும் அசைகள் பெரும்பாலும் ஒன்றாகக் கொத்தாகி கொத்துக்களை புலக்குறிப்பு செய்வதில் சிக்களை ஏற்படுத்துகின்றன. குறைவான துல்லியமாக கொத்தாகத் தரவு மற்றும் கொத்துக்களைப் புலக்குறிப்பு செய்வதற்கான மனித உழைப்பு என்பன இந்த நுட்பங்கள் குறைவாக விரும்பத்தக்கவையாகச் செய்கின்றன.

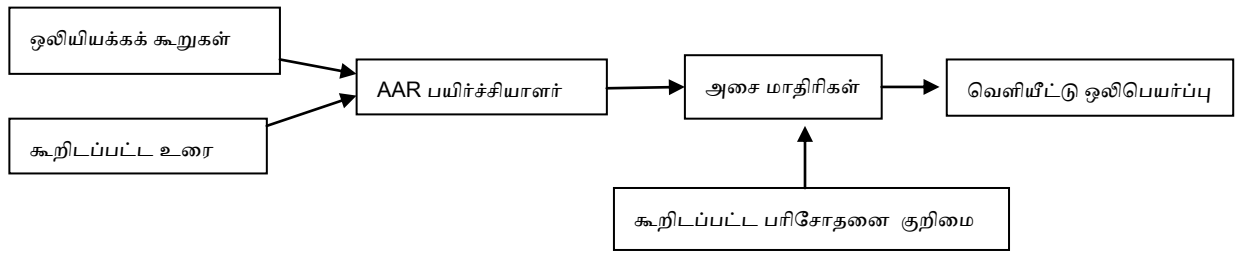
தற்போது ஸ்ரதா மற்றும் கூட்டாளிகள் (Sarada, Nagarajan Hemalatha and Hema A. Murthy 2004) பேச்சு குறிகைக்கு (speech signal) வாக்கிய நிலை ஒலிபெயர்ப்புகள் இருக்கின்றன என்று அனுமானிக்கின்றனர். அசை நிலை கூறிடல் வழிமுறை ஒலியியக்க குறிகை மீது பிரயோகிக்கப்படுகின்றது. இந்த அலகுகள் தானியக்க அடையாளப்படுத்தலை உருவாக்கப் பொருத்தப்படுகின்றன.

முந்தைய செயல்பாடு (Kamashi Prasad et al 2004) குழு தாமத அடிப்படையிலான கூறிடல் வழிமுறை கூறு எல்லைகளைச் சரியாக அடையாளம் காட்டினாலும் துல்லியமாக, 30% அசை எல்லைகள் தவறப்பட்டன. நாகராஜன் கூட்டாளிகள் (Nagarajan and Hema A Murthy 2004) எல்லைக் கண்டறிதலின் வழிமுறை மாற்றி 10% முன்னேற்றத்திற்கு வழிவகுத்தனர். எல்லை கண்டறிதல் வழிமுறைகளின் வரம்பு எல்லைகளின் பேச்சு குறிகைப் பண்புகளின் துல்லியம் குறிப்பாகக் கூற்றைத் தாண்டி மாறி அசை விகிதம் சார்ந்தது என்ற உண்மையாகும். ஸ்ரதா மற்றும் கூட்டாளிகள் இரண்டு நிலை கூறிடல் வழிமுறையை முன்மொழிகின்றனர்; இது தேவைப்பட்டால் அசை காலத் தகவல்களை அலகுகளை மறு கூறிடலுக்கு பயன்படுத்துகிறது. சார்ல்ஸ் மற்றும் பிறர் தமிழ் பேச்சு அறிவான் உருவாக்க முயற்சித்ததாக அவர்களது கட்டுரையிலிருந்து தெரியவருகின்றது (Charales A.P.H. and Devaraj G. 2004).

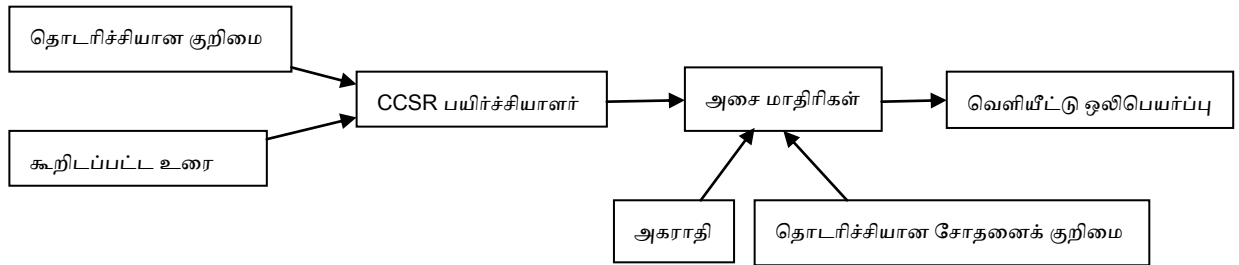
உரை கூறிடல் என்பது மொழியிலிருந்து பெறப்பட்ட மொழியியல் விதிகளை அடிப்படையாகக் கொண்டது. எந்த அசை அடிப்படையிலான மொழியையும் பொதுவான விதிகளைப் பயன்படுத்தி அசைகளாகப் பிரிக்கலாம். உரைக் கூறுகளைப் பேச்சு அலகுகளுக்கு சமமாக சரியாக உருவாக்கச் சில மொழிச் சிறப்பு விதிகள் பயனுள்ளதாக இருக்கும். உரை கூறிடப்பட்ட பிறகு கூறிடப்பட்ட அலைவடிவமும் கூறிடப்பட்ட உரையும் பொருத்தப்படும். ஒவ்வொரு தனித்துவமான அசையின் பல் மெய்ப்படுத்தங்கள் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன மற்றும் HMMகள் ஒவ்வொரு அசைக்கும் பயிற்சி அளிக்கப்படுகின்றன. ஒலியியக்க மாதிரிகள் பன்முகச் சட்ட அளவுகள் (multiple frame sizes (MFS)) மற்றும் பன்முகச் சட்ட விகிதங்கள் (multiple frame rates (MFR)) பண்புக்கூறு பிரித்தெடுத்தல் அடிப்படையிலான நுட்பம் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. இது காலப்போக்கில் நிறமாலை மாறுபாடுகளுக்கும் பயிற்சித் தரவின் குறைவுக்கும் காரணமாகிறது. தானியக்கமாக அடையாளப்படுத்தப்பட்ட பேசு அறிவானின் செயல்திறன் (automatically annotated recognizer (AAR)) வழக்கமான HMM அடிப்படையிலான

தொடர்ச்சியான பேச்சு அறிவானுடன் (conventional HMM based continuous speech recognizer CCSR) ஒப்பிடப்படுகின்றது. AAR பேச்சு அறிவான் அசைக்காகக் கூறிடப்பட்ட உரையையும் கூறு எல்லைத் தகவல்கொண்ட தொடர்ச்சியான பேச்சை அசை மாதிரிகளைப் பயன்படுத்துகிறது; சி.சி.எஸ்.ஆர். எல்லைகளைத் தானியக்கமாகக் கண்டறிந்து வரிசைப்படுத்துவதன் மூலம் தொடர்ச்சியான பேச்சை ஒலிபெயர்ப்பு செய்கின்றது.

AAR அடிப்படையிலான ஒழுங்கமைப்பு



CCSR அடிப்படையிலான ஒழுங்கமைப்பு



7.3. சுருக்கவுரை

பேச்சை உரையாக மாற்றும் செயல்பாட்டிற்கான முயற்சிகள் பல தமிழில் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. மிக்காடினமான செயல்பாட்டை வெற்றிகரமாகச் செயல்படுத்த இன்னும் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்படவேண்டும்.

இயல் 8

முடிவுரை

தமிழில் ஒலியியக்கவியல் பற்றியும் உரையிலிருந்து பேச்சாய்வு பற்றியும் பேச்சிலிருந்து உரையாய்வு பற்றியும் விளக்கும் எந்த நூலும் இது வரை இல்லாதிருந்தது. இக்குறையை ஈடுசெய்யும் நோக்கத்தில் இந்நூல் விரிவாகப் எழுத்தப்பட்டுள்ளது. தமிழ் ஒலியியக்கவியல் குறித்தும் உரையிலிருந்து பேச்சு, பேச்சிலிருந்து உரை போன்ற ஆய்வுகள் செய்யவிருக்கும் தமிழ் மட்டும் அறியும் ஆய்வாளர்களுக்கு நிச்சயமாக இது அடித்தளமாக அமையும் என்ற நோக்குடன் இது வெளியிடப்பட்டுகின்றது.

ஒலியியக்கவியல் பற்றிய விரிவான விளக்கம் இந்நூலில் தரப்பட்டுள்ளது. ஒலியியக்கவியலின் பல பரிமாணங்கள் தரப்பட்டு விளக்கப்பட்டுள்ளன. நிறமாலை வரைவுகள் மூலம் பேச்சொலிகளின் ஒலியியக்கவியல் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. ஒலிகளை அடையாளம் காணப் பயன்படும் ஒலியியக்க குறிப்புகள் விரிவாகத் தரப்பட்டுள்ளன.

தமிழ் ஒலிகளின் ஒலிப்பியல் குறித்தும் ஒலியியக்கவியல் குறித்தும் அடிப்படையான தகவல்களின் தேவை இந்நூலால் நிறைவு செய்யப்படுகின்றது. தமிழ் ஒலியியக்கவியல் குறித்த விளக்கங்கள் இந்நூலில் தரப்பட்டுள்ளன. நிறமாலை நிழற்பட வரைவியைப் (spectrograph) பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட ஒலிநிறமாலைப் படங்கள் இந்நூலில் தரப்பட்டு விளக்கப்பட்டுள்ளன. ஒலிநிறமாலைப் படங்களை ஒலிகளின் பல பரிமாணங்கள் அடிப்படையில், குறிப்பாக இருப்பிடங்கள் அடிப்படையில் தரப்பட்டு விளக்கப்பட்டுள்ளன.

தமிழ் ஒலிகளை ஒலியியக்கவியல் பின்னணியில் ஆய்வதும் தமிழ் பனுவல்களை அல்லது உரைகளைப் பேச்சாக மாற்றும் ஒழுங்குமுறையை உருவாக்குவதும் மிகத் தேவையான செயல்பாடாகும். உரையிலிருந்து பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாகம் அறிமுகப்படுத்தப்பட்டு இந்நூலில் விரிவாகப் பேசப்படுகின்றது. பேச்சு, பேச்சு உற்பத்தி, பேச்சு கேட்புணர்வு/செவிப்புல உணர்வு என்பன குறித்து விளக்கம் தரப்பட்டுள்ளது. பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் வரலாறு கூறப்பட்டுள்ளது. இத்தகவல் செயற்கைப் பேச்சு உருவாக்க முயற்சிகளும் உரை-பேச்சு முயற்சிகளும் எவ்வளவு பழமையானது என்றும் அம்முயற்சிகள் இன்றும் பல முன்னேற்றங்களை அல்லது மேம்பாடுகளை அடைந்து தொடர்ந்து செய்யப்பட்டுவருகிறது என்றும் அறியமுடிகின்றது. மேலும் பேச்சுக் கூட்டிணைப்பாக அணுகுமுறைகள் பற்றி இங்கு சுருக்கமாகப் பேசப்படுகின்றது. குறிப்பாக ஒலிப்பியல் கூட்டிணைப்பாக்கம் (articulatory synthesis), ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பாக்கம் (formant synthesis), இணைப்புக் கூட்டிணைப்பாக்கம்

(concatenative synthesis), எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பாக்கம் (HMM based synthesis) என்ற உரை-பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்க அணுகுமுறைகள் பற்றி கூறப்பட்டுள்ளதுடன் அவற்றின் நிறை குறைகளும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் உரை-பேச்சு ஒழுங்குமுறைகளின் பயன்பாடுகளும் இந்நூலில் சுருக்கமாகத் தரப்பட்டுள்ளன.

தமிழ் உரைகளை அல்லது பனுவல்களை பேச்சாக மாற்றும் செயல்பாடுகள் பல ஆண்டுகளாக நடைபெற்றுவருகின்றன. உருவாக்கம் அடிப்படையில் பேச்சு உருவாக்கத்தை நான்கு முக்கியமான வகைப்பாடுகளாக வகைப்படுத்தலாம். நான்குவகையான பனுவல்-பேச்சு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கங்கள் பயன்பாட்டில் உள்ளன. அவையாவன ஒலிப்பியல் கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம், ஒலிச்செறிவு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம், இணைப்பு கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம், எச்.எம்.எம். அடிப்படையிலான கூட்டிணைப்பு உருவாக்கம். ஒவ்வொரு கூட்டிணைப்பு பேச்சு உரைவாக்கமும் குறை நிறைகளைக் கொண்டுள்ளன. பேச்சில் இயல்புத் தன்மையை அல்லது இயற்கைத் தன்மையை உருவாக்குவதுதான் உரையிலிருந்து பேச்சு கூட்டிணைப்பாக்கத்தின் நோக்கமாக அமைய வேண்டும். உருவாக்கப்பட்ட பேச்சுக் கூட்டிணைப்பு ஒழுங்குமுறைகள் செயற்கைத் தன்மையான பேச்சு இயற்கைத் தன்மையான பேச்சு என்ற அளவில் வேறுபடுகின்றன. பலர் உரையிலிருந்து பேச்சை உருவாக்கும் முயற்சியில் ஈடுபட்டிருந்தனர்; தற்பொதும் ஈடுபட்டு வருகின்றனர். இவ்வாய்வுகள் எல்லாம் இயல்பான பேச்சை நோக்கமாகக் கொண்டு அமைந்தாலும் எல்லா ஒழுங்குமுறைகளும் உரையிலிருந்து இயல்பான பேச்சை உருவாக்கும் எனக் கூற இயலாது.

தமிழ்ப் பேச்சை உரையாக மாற்றும் முயற்சிகளும் மேற்கொள்ளப்பட்டு நடைமுறைப்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. தற்போது பேச்சை நேரடியாக மொழி மாற்றம் செய்யும் முயற்சிகளும் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. இரண்டு மொழிகளில் பேச்சு இணை விரிதரவு கொண்டு பேச்சை உரையாக மாற்றும் முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. இதன் மூலம் பேச்சை நேரடியாக தொடர்புள்ள இலக்கு மொழிக்கு மாற்றுவது எளிது. ஆனால் இத்தகைய விரிதரவை உருவாக்குவது கடினமான செயல். இதற்கான முயற்சிகளும் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

துணை நூல் பட்டியல்

இராசாராம், சு. 1980. ஒலியியல். அனைத்திந்திய மொழியியல் கழகம், அண்ணாமலைப் பல்கலைக் கழகம்.

இராசேந்திரன்,ச. 2000. ஒலியியல்க்கவியல் (தட்டச்சுப் படிவம்). மொயியல் துறை, தமிழ்ப் பல்கலைக்கழகம், தஞ்சாவூர்.

Akila A. Ganesh and Chandra Ravichandran. 2013. "Syllable Based Continuous Speech Recognizer with Varied Length Maximum Likelihood Character Segmentation", International Conference on Advances in Computing Communications and Informatics, pp. 935-940, 2013.

Akila A. and Chandra E. 2015. Word Based Tamil Speech Recognition Using Temporal Feature Based Segmentation. ICTACT Journal On Image And Video Processing, May 2015, Volume: 05, Issue: 04.

Arun Kumar, C. 2010. Text to speech for Tamil. Thesis submitted for Master of Technology in Computational Engineering and Networking. Amrita School of Engineering, Amrita Vishwa Vidyapeetham, Coimbatore.

Balasubramanian, T. 1972. "The phonetics of colloquial Tamil," Ph.D. dissertation, University of Edinburgh, Edinburgh. Google Scholar

Banumathi, A. and Chandra, E. 2016. "Speech Recognition of Continuous Tamil phoneme using DBN". International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering Vol. 4, Issue 7, July 2016.

Bhaskararao P 2011 Salient phonetic features of Indian languages in speech technology. Sadhana 36(5): 587–599

Clark, John & Yallop, Colin. (1995). An introduction to phonetics and phonology (2nd ed.). Oxford: Blackwell.

Charales A.P.H. and Devaraj G. 2004. Alaigal-A Tamil speech recognition. Tamil Internet Conferece, Singapore.

Christdas, P. 1988. "The phonology and morphology of Tamil," Ph.D. dissertation, Cornell University, Ithaca, NY. Google Scholar

Elinor Keane. 2006. "Prominence in Tamil." Journal of the International Phonetic Association Vol. 36, No. 1 (June 2006), pp. 1-20 (20 pages), Published by: Cambridge University Press

Fry, D.B. 1979. The Physics of Speech. Cambridge University Press, Cambridge.

- Jayavardhana Rama G. L., Ramakrishnan A. G., Vijay Venkatesh M, Murali R. Shankar. 2001. "Thirukkural - A Text-to-Speech Synthesis System" Department of Electrical Engg, Indian Institute of Science, Bangalore presented at INFITT 2001.
- Hanitha Gnanathesigar, "Tamil Speech Recognition using Semi Continuous Models", International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 2, No. 6, pp. 1-5, 2012.
- Harsh Jain, Varun Kanade, Kartik Desikan "Vani-An Indian Language Text To Speech Synthesizer" Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology Mumbai, India. April 2004.
- Hegde, R.M., Hema A Murthy, VRR Gadde 2006. "Significance of the modified group delay feature in speech recognition." IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing 15 (1), 190-202
- Hema A Murthy, B Yegnanarayana 1991. "Speech processing using group delay functions". Signal Processing 22 (3), 259-267."
- Hema A Murthy, B Yegnanarayana 1991. Formant extraction from group delay function." Speech communication 10 (3), 209-221.
- Hema A Murthy, V Gadde 2003. The modified group delay function and its application to phoneme recognition". 2003 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal.
- Hema A Murthy, B Yegnanarayana. 2011. "Group delay functions and its applications in speech technology." Sadhana 36 (5), 745-782.
- Hunt A.J. and Alan W. Black. 1996. "Unit selection in a concatenative speech synthesis system for a large speech database." In Proceedings of IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, and Signal Processing, pages 373-376, 1996.
- Jayasankar T., Thangarajan R. and Arputha Vijaya Selvi J. 2011. "Automatic Continuous Speech Segmentation to Improve Tamil Text-to-Speech Synthesis", International Journal of Computer Applications, Vol. 25, No. 1, pp. 31-36, 2011.
- Jayavardhana Rama, G.L., A.G. Ramarishnana, M. Vijay Venkatesh, R. Mural Sankar. 2001. "Thirukkural – Text –to-speech Synthesis System." INFITT 2001.
- Johnson, Keith (2003). Acoustic and Auditory Phonetics (Illustrated). 2nd edition by Blackwell Publishing Ltd.
- Kamakshi Prasad V., T. Nagarajan, Hema A. Murthy. 2004. "Automatic segmentation of continuous speech using minimum phase group delay functions", Speech Communications, Vol 42, pp 429-446, 2004.

- Karpagavalli S. and Chandra E. 2015. A Hierarchical Approach in Tamil Phoneme Classification using Support Vector Machine . Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(35), DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i35/80681, December 2015.
- Karpagavalli S, Chandra E. 2015. "Tamil phoneme classification using contextual features and discriminative models". International Conference on Communications and Signal Processing, Melmaruvathur. 2015 Apr 2-4. p. 564–8
- Kenney Ng. 1998. Survey of data-driven approaches to speech synthesis, citeseer.nj.nec.com/ng98survey.html, 1998.
- Kishore, S.P. Rohit Kumar and Rajeev Sangal 2002. "A Data-Driven Synthesis Approach For Indian Languages using Syllable as Basic Unit" Language Technologies Research Center, International Institute of Information Technology, Hyderabad, India and Punjab Engineering College, Chandigarh, India, presented at International Conference on Natural Language Processing (ICON), 2002.
- Krithiga M.V. and Geetha T.V. 2004. "Introducing Pitch Modification in Residual Excited LPC Based Tamil Text-to-Speech Synthesis" Department of Computer Science and Engineering, Anna University, Chennai-25, India. AACC 2004, LNCS 3285, pp. 177–183, 2004.
- Ladefoged, Peter (1996). Elements of Acoustic Phonetics (2nd ed.). The University of Chicago Press, Ltd. London.
- Lakshmi A. and Hema A. Murthy. 2006. "A Syllable based continuous speech recognizer for Tamil", Interspeech 2006, ICSLP, Pittsburgh, Sep. 2006.
- Madhan Karky V., Sudarshanan S., Thayagarajan R., Geetha T.V., Ranjani Parthasarathy, and Manoj Annadurai. 2001. "Tamil Voice Engine", Presented at Tamil Inayam, Malaysia, 2001.
- Nagarajan, T., H. A. Murthy and R. M. Hegde. 2003. "Segmentation of speech in to syllable-like units", in proceedings of EUROSPEECH, 2003, pp. 2893-2896.
- Nagarajan, T. and H. A. Murthy. 2004. "Group delay based segmentation of spontaneous speech into syllable-like units", EURASIP Journal of Applied signal processing, vol. 17, pp.2614-2625, 2004.
- Nagarajan, T Hema A Murthy. 2004. Language identification using parallel syllable-like unit recognition". 2004 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal ...
- Nagarajan T. Vijayalakshmi P, Bharathi B and Sasirekha. 2017. Speech enabled interactive enquiry system inTamil. (Project funded by Tamil Virtual Academy, Cennai from 2016-2017).
- Narayanan, S., and Kaun, A. 1999. "Acoustic modeling of retroflex Tamil liquids," Proceedings of XIV ICPhS, San Francisco, CA (in press). Google Scholar

- Narayanan S, Byrd D and Kaun A. 1999. Geometry, kinematics, and acoustics of Tamil liquid consonants. Acoustical Society of America.
- Narendranath M, Hema A Murthy, S Rajendran, B Yegnanarayana. 1995. "Transformation of formants for voice conversion using artificial neural networks." *Speech Communication* 16 (2), 207-216.
- Natanasabapathy, S. 1974. Vowel quality in Tamil. Collection of papers, IV conference seminar of All India University Tamil Teachers' Association, Pondicherry
- Natanasabapathy, S. 2002. "Study of Segmental Duration of Tamil sounds", paper presented in International Seminar on Tamil Computing, 27-28 February and 1 March, 2002, University of Madras, Chennai.
- Nayeemulla Khan A and Yegnanarayana B. 2001. "Development of Speech Recognition System for Tamil for small restricted Talk". In: Proceedings of National Conference on Communication, India.
- Pahallad Kishore, Black Alan. 2005. "A text to speech interface for Universal Digital Library." *Journal of Zhejiang University of Science*, vol 6A, no 11, pp. 1229-1234.
- Prasad, V.K, T Nagarajan, Hema A Murthy. 2004. "Automatic segmentation of continuous speech using minimum phase group delay functions." *Speech communication* 42 (3-4), 429-446
- Prathibha, P., Ramakrishana, A.G. 2002. "Web-enabled Speech Synthesizer for Tamil", in Proceedings of Tamil Internet 2002 Conference, Cennai: Asian Printers, pages 134-140.
- Pushpa N, Revathi R, Ramya C and Hameed S S 2014. Speech processing of Tamil language with back propagation neural network and semi-supervised training. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering* 2(1): 2718–2723.
- Rajaram, S. 1972. Tamil phonetic reader. Central Institute of Indian Languages, Mysore.
- Rajeshkumar, S.R. 1990. Significance of Durational Knowledge for a Text-to-Speech System in an Indian Language. MS dissertation, Indian Institute of Technology, Department of Computer Science and Engg., Madras.
- Ramakrishnan, A.G. Lakshmish N Kaushik, Laxmi Narayana M. 2007. Natural Language Processing for Tamil TTS. Conference: 3rd Language and Technology Conference (LTC), At Poznan, Poland October 2007.
- Ramakrishnan, A.G. 2014. Speech Technology and Tamil. Conference Paper (PDF Available). January 2014 DOI: 10.13140/RG.2.1.2287.4725 Conference: National Conference on Tamil Internet, At Chennai, India.

- Ranganathan, Vasu. 2014. "Computational Phonology and the Development of Text-to-Speech Application for Tamil." Tamil Internet Conference, 2014, Pondicherry University: Pondicherry.
- Ranganathan, Vasu. (2016). Chapter 2: Computational Phonology. In: Computational Approaches To Tamil Linguistics. Chennai: Cre-A Publications
- Ravisankar, G. 1980. "The intonation patterns of Question sentences in Tamil", Unpublished M.Phil., dissertation. Annamali University: Annamalainagar.
- Ravisankar, G. 1988. The intonational system of Tamil. Bharatiya University, Coimbatore.
- Ravisankar, G. 1994. Intonation patterns in Tamil. PILC: Pondicherry.
- Ravisankar G . Emotions And Prosodic Features. PILC, Pondicherry
- Samuel Thomas, M. Nageshwara Rao, Hema A. Murthy, C. S. Ramalingam. 2006. "Natural Sounding TTS based on Syllable-like Units, Proceedings of 14th European Signal Processing Conference, Florence, Italy, Sep 2006.
- Samuel Thomas M, Nageshwara Rao, Hema A Murthy, C.S. Ramalingam. 2006. 'Natural Sounding TTS based on syllable-like units'. Proceedings of 14th European Signal Processing Conference, Florence, Italy, Sep. 2006.
- Saraswathi. S and Geetha T. V., 2004. Implementation of Tamil Speech Recognition System Using Neural Networks, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3285.
- Sarada, G. L. , N. Hemalatha, T. Nagarajan, and Hema A.Murthy. 2004. "Automatic transcription of continuous speech using unsupervised and incremental training", INTERSPEECH - 2004, pp 405-408, Korea.
- Sarada, G. L., Nagarajan, T., Hema A. Murthy. 2004 "Multiple Frame Size and Multiple Frame Rate Feature Extraction for Speech Recognition", SPCOM-2004, December.
- Stevens, Kenneth. 2000. Acoustic Phonetics (Current Studies in Linguistics). The MIT Press, New Ed edition.
- Sherlin Solomi V, Vijayalakshmi P. and NagarajanT. 2016. Exploiting Acoustic Similarities Between Tamil and Indian English in the Development of an HMM-based Bilingual Synthesizer. November 2016 IET Signal Processing 11(3), DOI: 10.1049/iet-spr.2016.0163.
- 30 August 1999 Accepted: May 1999
- Shrikanth Narayanan. 1999. Geometry, kinematics, and acoustics of Tamil liquid consonants. The Journal of the Acoustical Society of America 106, 1993 (1999); <https://doi.org/10.1121/1.427946>
- Srinivasan A, Rao K S, Kannan K and Narasimhan D 2010. Speech recognition of the letter 'zha' in Tamil language using HMM. arXiv preprint arXiv:1001.4190

Subramanian S. and Ganesh K.M. 2001. "Study and Implementation of a Tamil Text-to-Speech Engine" Students, III yr B.E.CSE, Department of Computer Science and Engineering, PSG College of Technology, presented at the Tamil Internet conference 2001.

Suresh, R.M., Arumugan, S., and Aravanan, K.P. 2000. "Recognition of Handwritten Tamil characters using fuzzy classificatory approach", in Proceedings of the Tamil Internet 2000 Conference, Singapore.

Tamil Phonology 2015 <https://en.wikipedia.org/wiki/Tamilphonology>

Thangarajan R., Natarajan A.M. and Selvam M., 2008. Word and Triphone based Approaches in Continuous Speech Recognition for Tamil Language, WSEAS Transactions on Signal Processing, pp. 76 – 85.

Thangarajan R. and A.M. Natarajan. 2008. "Syllable Based Continuous Speech Recognition for Tamil." South Asian Language Review, VOL.XVIII. No. 1, January 2008.

Udhyakumar N., C.S.Kumar, R.Srinivasan and R.Swaminathan. 2004." Decision Tree Learning for Automatic Grapheme to Phoneme Conversion for Tamil. Down loaded form internet.

Vasudevan, V. 2002. "Character Recognition Techniques–A Demo Program", International Seminar on Tamil Computing, 27-28 February and March 1, 2002, University of Madras, Chennai.

Venugopalakrishna Y R, Sree Hari Krishnan P, Samuel Thomas, Kartik Bommepall, Karthik Jayanthi, Hemant Raghavan, Suket Murarka and Hema A Murthy. 2008. "Design and Development of a Text-To-Speech Synthesizer for Indian Languages" Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India. IDIAP Research Institute, Martigny, Switzerland. January 2008.

Vinodh M.V., Bellur A., Narayan, B.K., Thakare D. M., Susan A., Suthakar N.M. and Murthy H.A. 'Using polysyllabic units for text to speech synthesis in Indian languages.

Vinton, James E. 1994. "Phonetic Emphasis in Tamil". UTA Working Papers in Linguistics 1 (1994), Susan C. Herring & John C. Paolillo, eds.

Yagnanarayana, B. et al. 1992. "Text-to-speech system for Indian Languages", presented at the Workshop on Computer Applications in Indian Languages held at CIIL, Mysore, August 19-21

Yegnanarayanan, B. 1994. "Speech synthesis by Machine", in B.B. Rajpurohit (ed.) Technology and Languages. Mysore:CIIL.

Yegnanarayana B, Rajendran S, Ramachandran VR, and Madhukumar AS.1994. Significance of knowledge sources for a text-to-speech system for Indian languages. Sadhana, pages 147-169, 1994.