**CONTENTS**

**ABSTRACT . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . i**

**ÖZET . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . iii**

**ACKNOWLEDGEMENTS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . v**

**CONTENTS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . vi**

**LIST OF TABELES . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ix**

**LIST OF FIGURES . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . x**

**1. INTRODUCTION . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1**

**2. SPEECH RECOGNITION . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3**

 **2.1. Overview . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3**

 **2.2. Applications of speech recognition system . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3**

 **2.3. Types of speech . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6**

 **2.4. Speech signal and its basic properties . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6**

 **2.5. Speech production . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 7**

 **2.6. Review of speech recognition . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 8**

**3. STRUCTURE OF SPEECH RECOGNITION SYSTEM. . . . . . . . . . . . . . . . 12**

 **3.1. Overview . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12**

 **3.2. The basic structure . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12**

 **3.2.1. Speech . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12**

 **3.2.2. Signal preprocessing . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 13**

 **3.2.3. Features extraction . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 14**

 **3.2.4. Speech classification . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 15**

 **3.2.5. Output . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 16**

 **3.3. Features extraction techniques . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 16**

 **3.3.1. Linear Predictive Coding (LPC) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 16**

 **3.3.1.1. LPC estimation . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 17**

 **3.3.1.2. LPC analysis . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 18**

 **3.3.1.3. LPC synthesis . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 18**

 **3.3.1.4. LPC applications . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 19**

 **3.3.2. Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 20**

 **3.3.3. Spectrogram . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 22**

 **3.3.3.1. Wideband spectrogram . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 23**

 **3.3.3.2. Narrowband spectrogram . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 23**

 **3.3.3.3. How to get spectrogram of a speech signal . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 24**

**4. NEURAL NETWORKS FOR SPEECH CLASSIFICATION. . . . . . . . . . . 26**

 **4.1. Overview . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 26**

 **4.2. Fundamentals of neural networks . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 26**

 **4.3. Models of neuron . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 30**

 **4.4. Feed-Forward neural networks . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 32**

 **4.5. Backpropagation algorithm . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 34**

**5. DESIGN OF SPEECH RECOGNITION SYSTEM . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36**

 **5.1. Overview . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36**

 **5.2. General structure of the system . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36**

 **5.3. Flowcharts of features extraction methods . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37**

 **5.4. Implementation of features extraction methods . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 40**

 **5.4.1. Linear Predictive Coding (LPC) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 43**

 **5.4.2. Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 48**

 **5.4.3. Spectrogram . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 50**

 **5.5. The design of speech recognition program . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 52**

 **5.5.1. The selection of the method for feature extraction . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 55**

 **5.5.2. Training the system . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 55**

 **5.5.3. Speech recognition using LPC . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 58**

 **5.5.4. Speech recognition using MFCC . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 60**

 **5.5.5. Speech recognition using Spectrogram . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 61**

 **5.5.6. Neural network training . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 61**

 **5.5.7. Testing the system . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 64**

 **5.5.8. Quit button . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 71**

**6. RESULTS AND CONCLUSIONS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 72**

 **6.1. Results . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 72**

 **6.2. Conclusions . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 74**

**7. REFERENCES . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 75**

**Appendix A: Main GUI functions for Speech Recognition system . . . . . . . . . 78**

**Appendix B: Functions that used in Speech Recognition system . . . . . . . . . . . 80**