

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### К главе 1

1. C. E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication," *Bell System Tech. J.*, Vol. 27, pp. 623-656, October 1968.
2. J. L. Flanagan, *Speech Analysis, Synthesis, and Perception*, 2nd Edition, Springer Verlag, New York, 1972.
3. J. L. Flanagan, "Computers That Talk and Listen: Man-Machine Communication by Voice," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 416-432, April 1976.
4. H. Nyquist, "Certain Topics in Telegraph Transmission Theory," *Trans. AIEE*, Vol. 47, pp. 617-644, February 1928.
5. H. Dudley, "Remaking Speech," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 11, pp. 169-177, 1939.
6. L. R. Rabiner and R. W. Schafer, "Digital Techniques for Computer Voice Response: Implementations and Applications," *Proc. IEEE*, Vol. 64, pp. 416-433, April 1976.
7. C. H. Coker, "A Model of Articulatory Dynamics and Control," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 452-460, April 1976.
8. B. S. Atal, "Automatic Recognition of Speakers from Their Voices," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 460-475, April 1976.
9. D. R. Reddy, "Speech Recognition by Machine: A Review," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 501-531, April 1976.
10. H. Levitt, "Speech Processing Aids for the Deaf: An Overview," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, pp. 269-273, June 1973.

### К главе 2

1. A. V. Oppenheim and R. W. Schafer, *Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1975.
2. L. R. Rabiner and B. Gold, *Theory and Application of Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1975.
3. A. Peled and B. Liu, *Digital Signal Processing, Theory, Design and Implementation*, John Wiley and Sons, New York, 1976.
4. J. W. Cooley and J. W. Tukey, "An Algorithm for the Machine Computation of Complex Fourier Series," *Math Computation*, Vol. 19, pp. 297-381, April 1965.
5. H. D. Helms, "Fast Fourier Transform Method of Computing Difference

Equations and Simulating Filters," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. 15, No. 2, pp. 85-90, 1967.

6. T. G. Stockham, "High-Speed Convolution and Correlation," *1966 Spring Joint Computer Conference, AFIPS Proc.*, Vol. 28, pp. 229-233, 1966.
7. J. F. Kaiser, "Nonrecursive Digital Filter Design Using the  $I_0$ -Sinh Window Function," *Proc. 1974 IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems*, San Francisco, pp. 20-23, April 1974.
8. L. R. Rabiner, B. Gold, and C. A. McGonegal, "An Approach to the Approximation Problem for Nonrecursive Digital Filters," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. 19, No. 3, pp. 200-207, September 1971.
9. T. W. Parks and J. H. McClellan, "Chebyshev Approximation for Nonrecursive Digital Filter with Linear Phase," *IEEE Trans. Circuit Theory*, Vol. CT-19, pp. 189-194, March 1972.
10. J. H. McClellan, T. W. Parks, and L. R. Rabiner, "A Computer Program for Designing Optimum FIR Linear Phase Digital Filters," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, pp. 506-526, December 1973.
11. L. R. Rabiner, J. H. McClellan, and T. W. Parks, "FIR Digital Filter Design Techniques Using Weighted Chebyshev Approximation," *Proc. IEEE*, Vol. 63, No. 4, pp. 595-609, April 1975.
12. A. G. Deczky, "Synthesis of Recursive Digital Filters Using the Minimum p-Error Criterion," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-20, No. 5, pp. 257-263, October 1972.
13. L. R. Rabiner, J. F. Kaiser, O. Herrmann, and M. T. Dolan, "Some Comparisons Between FIR and IIR Digital Filters," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 53, No. 2, pp. 305-331, February 1974.
14. R. W. Schafer and L. R. Rabiner, "A Digital Signal Processing Approach to Interpolation," *Proc. IEEE*, Vol. 61, No. 6, pp. 692-702, June 1973.
15. L. R. Rabiner and R. E. Crochiere, "A Novel Implementation for FIR Digital Filters," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, pp. 457-464, October 1975.
16. R. E. Crochiere and L. R. Rabiner, "Optimum FIR Digital Filter Implementation for Decimation, Interpolation and Narrowband Filters," *IEEE Trans. Acoust. Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, pp. 444-456, October 1975.
17. R. E. Crochiere and L. R. Rabiner, "Further Considerations in the Design of Decimators and Interpolators," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. ASSP-24, No. 4, pp. 269-311, August 1976.
18. D. J. Goodman, "Digital Filters for Code Format Conversion," *Electronics Letters*, Vol. 11, February 1975.

### К главе 3

1. G. Fant, *Acoustic Theory of Speech Production*, Mouton, The Hague, 1970.

2. J. L. Flanagan, *Speech Analysis, Synthesis and Perception*, 2nd Ed., Springer-Verlag, New York, 1972.
3. H. Fletcher, *Speech and Hearing in Communication*, original edition, D. Van Nostrand Co., New York, 1953. Reprinted by Robert E. Krieger Pub. Co. Inc., New York, 1972.
4. T. Chiba and M. Kajiyama, *The Vowel, Its Nature and Structure*, Phonetic Society of Japan, 1958.
5. I. Lehiste, Ed., *Readings in Acoustic Phonetics*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1967.
6. J. L. Flanagan, C. H. Coker, L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and N. Umeda, "Synthetic Voices for Computers," *IEEE Spectrum*, Vol. 7, No. 10, pp. 22-45, October 1970.
7. W. Koenig, H. K. Dunn, and L. Y. Lacy, "The Sound Spectrograph," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 17, pp. 19-49, July 1946.
8. R. K. Potter, G. A. Kopp, and H. C. Green, *Visible Speech*, D. Van Nostrand Co., New York, 1947. Republished by Dover Publications, Inc., 1966.
9. R. Jakobson, C. G. M. Fant, and M. Halle, *Preliminaries to Speech Analysis: The Distinctive Features and Their Correlates*, M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1963.
10. N. Chomsky and M. Halle, *The Sound Pattern of English*, Harper & Row, Publishers, New York, 1968.
11. G. E. Peterson and H. L. Barney, "Control Methods Used in a Study of the Vowels," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 24, No. 2, pp. 175-184, March 1952.
12. A. Holbrook and G. Fairbanks, "Diphthong Formants and Their Movements," *J. of Speech and Hearing Research*, Vol. 5, No. 1, pp. 38-58, March 1962.
13. O. Fujimura, "Analysis of Nasal Consonants," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 34, No. 12, pp. 1865-1875, December 1962.
14. J. M. Heinz and K. N. Stevens, "On the Properties of Voiceless Fricative Consonants," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 33, No. 5, pp. 589-596, May 1961.
15. P. C. Delattre, A. M. Liberman, and F. S. Cooper, "Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 27, No. 4, pp. 769-773, July 1955.
16. L. L. Beranek, *Acoustics*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1954.
17. P. M. Morse and K. U. Ingard, *Theoretical Acoustics*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1968.
18. M. R. Portnoff, "A Quasi-One-Dimensional Digital Simulation for the Time-Varying Vocal Tract," M. S. Thesis, Dept. of Elect. Engr., MIT, Cambridge, Mass., June 1973.
19. M. R. Portnoff and R. W. Schafer, "Mathematical Considerations in Digi-

- tal Simulations of the Vocal Tract," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 53, No. 1 (Abstract), p. 294, January 1973.
20. M. M. Sondhi, "Model for Wave Propagation in a Lossy Vocal Tract," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 55, No. 5, pp. 1070-1075, May 1974.
21. J. S. Perkell, *Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Cineradiographic Study*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1969.
22. M. M. Sondhi and B. Gopinath, "Determination of Vocal-Tract Shape from Impulse Response at the Lips," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 49, No. 6 (Part 2), pp. 1847-1873, June 1971.
23. B. S. Atal, "Towards Determining Articulator Positions from the Speech Signal," *Proc. Speech Comm. Seminar*, Stockholm, Sweden, pp. 1-9, 1974.
24. R. B. Adler, L. J. Chu, and R. M. Fano, *Electromagnetic Energy Transmission and Radiation*, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1963.
25. D. T. Paris and F. K. Hurd, *Basic Electromagnetic Theory*, McGraw-Hill Book Co., New York, 1969.
26. A. M. Bose and K. N. Stevens, *Introductory Network Theory*, Harper and Row, New York, 1965.
27. H. K. Dunn, "Methods of Measuring Vowel Formant Bandwidths," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 33, pp. 1737-1746, 1961.
28. J. L. Flanagan and L. L. Landgraf, "Self Oscillating Source for Vocal-Tract Synthesizers," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-16, pp. 57-64, March 1968.
29. J. L. Flanagan and L. Cherry, "Excitation of Vocal-Tract Synthesizer," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 45, No. 3, pp. 764-769, March 1969.
30. K. Ishizaka and J. L. Flanagan, "Synthesis of Voiced Sounds from a Two-Mass Model of the Vocal Cords," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 50, No. 6, pp. 1233-1268, July-August 1972.
31. J. L. Flanagan, K. Ishizaka, and K. L. Shipley, "Synthesis of Speech from a Dynamic Model of the Vocal Cords and Vocal Tract," *Bell Sys. Tech J.*, Vol. 54, No. 3, pp. 485-506, March 1975.
32. J. L. Kelly, Jr. and C. Lochbaum, "Speech Synthesis," *Proc. Stockholm Speech Communications Seminar*, R.I.T., Stockholm, Sweden, September 1962.
33. A. V. Oppenheim and R. W. Schafer, *Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1975.
34. F. Itakura and S. Saito, "Digital Filtering Techniques for Speech Analysis and Synthesis," *7th Int. Cong. on Acoustics*, Budapest, Paper 25 C1, 1971.
35. B. S. Atal and S. L. Hanauer, "Speech Analysis and Synthesis by Linear Prediction of the Speech Wave," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 50, No. 2 (Part 2), pp. 637-655, August 1971.
36. J. D. Markel and A. H. Gray, Jr., *Linear Prediction of Speech*, Springer-Verlag, New York, 1976.

37. H. Wakita, "Direct Estimation of the Vocal Tract Shape by Inverse Filtering of Acoustic Speech Waveforms," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, No. 5, pp. 417-427, October 1973.
38. B. Gold and L. R. Rabiner, "Analysis of Digital and Analog Formant Synthesizers," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-16, pp. 81-94, March 1968.
39. A. E. Rosenberg, "Effect of Glottal Pulse Shape on the Quality of Natural Vowels," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 49, No. 2, pp. 583-590, February 1971.
40. L. R. Rabiner, "Digital Formant Synthesizer for Speech Synthesis Studies," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 43, No. 4, pp. 822-828, April 1968.
41. G. Winham and K. Steiglitz, "Input Generators for Digital Sound Synthesis," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 47, No. 2, pp. 665-666, February 1970.

#### К главе 4

1. A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, *Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1975.
2. L. R. Rabiner and B. Gold, *Theory and Application of Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1975.
3. J. M. Baker, "A New Time-Domain Analysis of Human Speech and Other Complex Waveforms," Ph.D. Dissertation, Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, PA., 1975.
4. P. J. Vicens, "Aspects of Speech Recognition by Computer," Ph.D. Thesis, Stanford Univ., AI Memo No. 85, Comp. Sci. Dept., Stanford Univ., 1969.
5. L. D. Erman, "An Environment and System for Machine Understanding of Connected Speech," Ph.D. Dissertation, Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, PA., 1975.
6. L. R. Rabiner and M. R. Sambur, "An Algorithm for Determining the Endpoints of Isolated Utterances," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 54, No. 2, pp. 297-315, February 1975.
7. M. R. Sambur and L. R. Rabiner, "A Speaker Independent Digit-Recognition System," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 54, No. 1, pp. 81-102, January 1975.
8. J. L. Flanagan, *Speech Analysis, Synthesis and Perception*, 2nd Ed., Springer Verlag, N.Y., 1972.
9. B. S. Atal, "Automatic Speaker Recognition Based on Pitch Contours," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 52, pp. 1687-1697, December 1972.
10. A. E. Rosenberg and M. R. Sambur, "New Techniques for Automatic Speaker Verification," *IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, pp. 169-176, April 1975.
11. H. Levitt, "Speech Processing Aids for the Deaf: An Overview," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, pp. 269-273, June 1973.

12. L. R. Rabiner, M. J. Cheng, A. E. Rosenberg, and C. A. McGonegal, "A Comparative Performance Study of Several Pitch Detection Algorithms," *IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-24, No. 5, pp. 399-418, October 1976.
13. B. Gold, "Computer Program for Pitch Extraction," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 34, No. 7, pp. 916-921, 1962.
14. B. Gold and L. R. Rabiner, "Parallel-Processing Techniques for Estimating Pitch Periods of Speech in the Time Domain," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 46, No. 2, Pt. 2, pp. 442-448, August 1969.
15. T. P. Barnwell, J. E. Brown, A. M. Bush, and C. R. Patisaul, "Pitch and Voicing in Speech Digitization," Res. Rept. No. E-21-620-74-B4-1, Georgia Inst. of Tech., August 1974.
16. M. J. Ross, H. L. Shaffer, A. Cohen, R. Freudberg, and H. J. Manley, "Average Magnitude Difference Function Pitch Extractor," *IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, pp. 353-362, October 1974.
17. M. M. Sondhi, "New Methods of Pitch Extraction," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-16, No. 2, pp. 262-266, June 1968.
18. L. R. Rabiner, "On the Use of Autocorrelation Analysis for Pitch Detection," *IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Proc.*, Vol. ASSP-25, No. 1, pp. 24-33, February 1977.
19. J. J. Dubnowski, R. W. Schaffer, and L. R. Rabiner, "Real-Time Digital Hardware Pitch Detector," *IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-24, No. 1, pp. 2-8, February 1976.
20. J. W. Tukey, "Nonlinear (Nonsuperposable) Methods for Smoothing Data," *Congress Record, 1974 EASCON*, p. 673, 1974.
21. L. R. Rabiner, M. R. Sambur, and C. E. Schmidt, "Applications of a Non-linear Smoothing Algorithm to Speech Processing," *IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, No. 6, pp. 552-557, December 1975.
22. W. A. Blankenship, "Note on Computing Autocorrelation," *IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, No. 1, pp. 76-77, February 1974.
23. W. B. Kendall, "A New Algorithm for Computing Autocorrelations," *IEEE Trans. Computers*, Vol. C-23, No. 1, pp. 90-93, January 1974.
24. T. G. Stockham, Jr., "High-Speed Convolution and Correlation," 1966 Spring Joint Computer Conf., AFIPS Conf. Proc., Vol. 28, pp. 229-233, 1966.

#### К главе 5

1. Robert V. Bruce, *Bell*, Little Brown and Co., Boston, p. 144, 1973.
2. W. B. Davenport, "An Experimental Study of Speech-wave Probability Distributions," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 24, pp. 390-399, July 1952.

3. M. D. Paez and T. H. Glisson, "Minimum Mean Squared-Error Quantization in Speech," *IEEE Trans. Comm.*, Vol. Com-20, pp. 225-230, April 1972.
4. P. Noll, "Non-adaptive and Adaptive DPCM of Speech Signals," *Polytech. Tijdschr. Ed. Elektrotech/Elektron* (The Netherlands), No. 19, 1972.
5. H. K. Dunn and S. D. White, "Statistical Measurements on Conversational Speech," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 11, pp. 278-288, January 1940.
6. A. V. Oppenheim and R.W. Schafer, *Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1975.
7. P. Noll, "A Comparative Study of Various Schemes for Speech Encoding," *Bell System Tech. J.*, Vol. 54, No. 9, pp. 1597-1614, November 1975.
8. N. S. Jayant, "Digital Coding of Speech Waveforms: PCM, DPCM, and DM Quantizers," *Proc. IEEE*, Vol. 62, pp. 611-632, May 1974.
9. W. R. Bennett, "Spectra of Quantized Signals," *Bell System Tech. J.*, Vol. 27, No. 3, pp. 446-472, July 1948.
10. B. Smith, "Instantaneous Companding of Quantized Signals," *Bell System Tech. J.*, Vol. 36, No. 3, pp. 653-709, May 1957.
11. J. Max, "Quantizing for Minimum Distortion," *IRE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-6, pp. 7-12, March 1960.
12. P. Noll, "Adaptive Quantizing in Speech Coding Systems," *Proc. 1974 Zurich Seminar on Digital Communications*, Zurich, March 1974.
13. T. P. Barnwell, A. M. Bush, J. B. O'Neal, and R. W. Stroh, "Adaptive Differential PCM Speech Transmission," *RADC-TR-74-177*, Rome Air Development Center, July 1974.
14. A. Croisier, "Progress in PCM and Delta Modulation: Block-Companded Coding of Speech Signals," *Proc. 1974 Zurich Seminar on Digital Communication*, March 1974.
15. N. S. Jayant, "Adaptive Quantization With a One Word Memory," *Bell System Tech. J.*, pp. 1119-1144, September 1973.
16. C. C. Cutler, "Differential Quantization of Communications," U. S. Patent 2,605,361, July 29, 1952.
17. R. A. McDonald, "Signal to Noise and Idle Channel Performance of DPCM Systems — Particular Applications to Voice Signals," *Bell System Tech. J.*, Vol. 45, No. 7, pp. 1123-1151, September 1966.
18. J. S. Schouten, F. E. DeJager, and J. A. Greefkes, "Delta Modulation, a New Modulation System for Telecommunications," *Philips Tech. Rept.* pp. 237-245, March 1952.
19. F. E. DeJager, "Delta Modulation, a Method of PCM Transmission Using a 1-Unit Code," *Phillips Res. Rep.*, pp. 442-466, December 1952.
20. H. R. Schindler, "Delta Modulation," *IEEE Spectrum*, Vol. 7, pp. 69-78, October 1970.
21. J. E. Abate, "Linear and Adaptive Delta Modulation," *Proc. IEEE*, Vol. 55, pp. 298-308, March 1967.

22. N. S. Jayant, "Adaptive Delta Modulation With a One-Bit Memory," *Bell System Tech. J.*, pp. 321-342, March 1970.
23. J. A. Greefkes, "A Digitally Companded Delta Modulation Modem for Speech Transmission," *Proc. IEEE Int. Conf. Comm.*, pp. 7-33 to 7-48, June 1970.
24. R. Steele, *Delta Modulation Systems*, Halsted Press, London, 1975.
25. P. Cummiskey, Unpublished work, Bell Laboratories.
26. P. Cummiskey, N. S. Jayant, and J. L. Flanagan, "Adaptive Quantization in Differential PCM Coding of Speech," *Bell System Tech. J.*, Vol. 52, No. 7, pp. 1105-1118, September 1973.
27. P. Noll, "Effect of Channel Errors on the Signal-to-Noise Performance of Speech Encoding Systems," *Bell System Tech. J.*, Vol. 54, No. 9, pp. 1615-1636, November 1975.
28. N. S. Jayant, "Step-Size Transmitting Differential Coders for Mobile Telephony," *Bell System Tech. J.*, Vol. 54, No. 9, pp. 1557-1582, November 1975.
29. B. S. Atal and M. R. Schroeder, "Adaptive Predictive Coding of Speech Signals," *Bell System Tech. J.*, Vol. 49, No. 8, pp. 1973-1986, October 1970.
30. R. W. Stroh, "Optimum and Adaptive Differential PCM," Ph.D. Dissertation, Polytechnic Inst. of Brooklyn, Farmingdale, N.Y., 1970.
31. G. L. Baldwin and S. K. Tewksbury, "Linear Delta Modulator Integrated Circuit With 17-Mbit/s Sampling Rate," *IEEE Trans. on Comm.*, Vol. COM-22, No. 7, pp. 977-985, July 1974.
32. D. J. Goodman, "The Application of Delta Modulation to Analog-to-PCM Encoding," *Bell System Tech. J.*, Vol. 48, No. 2, pp. 321-343, February 1969.
33. S. L. Bates, "A Hardware Realization of a PCM-ADPCM Code Converter," M. S. Thesis, MIT, Cambridge, Mass., January 1976.
34. *Waveform Quantization and Coding*, N. S. Jayant, Editor, IEEE Press, 1976.

#### К главе 6

1. R. W. Schafer and L. R. Rabiner, "Design of Digital Filter Banks for Speech Analysis," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 50, No. 10, pp. 3097-3115, December 1971.
2. R. W. Schafer, L. R. Rabiner, and O. Herrmann, "FIR Digital Filter Banks for Speech Analysis," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 54, No. 3, pp. 531-544, March 1975.
3. J. B. Allen, "Short-Term Spectral Analysis and Synthesis and Modification by Discrete Fourier Transform," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-25, No. 3, pp. 235-238, June 1977.
4. J. B. Allen and L. R. Rabiner, "A Unified Theory of Short-Time Spectrum

- Analysis and Synthesis," *Proc. IEEE*, Vol. 65, No. 11, pp. 1558-1564, November 1977.
5. J. F. Kaiser, "Nonrecursive Digital Filter Design Using the  $T_0$ -SINH Window Function," *Proc. 1974 IEEE Int. Symp. on Circuits and Syst.*, pp. 20-23, April 1974. (Also in *Digital Signal Processing, II*, IEEE Press, 1976.)
  6. R. W. Schafer and L. R. Rabiner, "Design and Simulation of a Speech Analysis-Synthesis System Based on Short-Time Fourier Analysis," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, No. 3, pp. 165-174, June 1973.
  7. M. R. Portnoff, "Implementation of the Digital Phase Vocoder Using the Fast Fourier Transform," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-24, No. 3, pp. 243-248, June 1976.
  8. R. K. Potter, G. A. Kopp, and H. G. Kopp, *Visible Speech*, Dover Publications, New York, 1966.
  9. R. H. Bolt et al., "Speaker Identification by Speech Spectrograms," *Science*, 166, pp. 338-343, 1969.
  10. F. Poza, "Voiceprint Identification: Its Forensic Application," *Proc. 1974 Carnahan Crime Countermeasures Conference*, April 1974.
  11. R. W. Schafer and L. R. Rabiner, "System for Automatic Formant Analysis of Voiced Speech," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 47, No. 2, pp. 634-648, February 1970.
  12. D. W. Tufts, S. E. Levinson, and R. Rao, "Measuring Pitch and Formant Frequencies for a Speech Understanding System," *Proc. 1976 IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, pp. 314-317, April 1976.
  13. R. Koenig, H. K. Dunn, and L. Y. Lacey, "The Sound Spectrograph," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 18, pp. 19-49, 1946.
  14. A. V. Oppenheim, "Speech Spectrograms Using the Fast Fourier Transform," *IEEE Spectrum*, Vol. 7, pp. 57-62, August 1970.
  15. H. F. Silverman and N. R. Dixon, "A Parametrically Controlled Spectral Analysis System for Speech," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, No. 5, pp. 362-381, October 1974.
  16. M. R. Schroeder, "Period Histogram and Product Spectrum: New Methods for Fundamental Frequency Measurement," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 43, No. 4, pp. 829-834, April 1968.
  17. A. M. Noll, "Pitch Determination of Human Speech by the Harmonic Product Spectrum, the Harmonic Sum Spectrum, and a Maximum Likelihood Estimate," *Proc. Symp. Computer Proc. in Comm.*, pp. 779-798, April 1969.
  18. C. G. Bell, H. Fujisaki, J. M. Heinz, K. N. Stevens, and A. S. House, "Reduction of Speech Spectra by Analysis-by-Synthesis Techniques," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 33, pp. 1725-1736, December 1961.
  19. E. N. Pinson, "Pitch Synchronous Time Domain Estimation of Formant Frequencies and Bandwidths," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 35, No. 8, pp. 1264-1273, August 1963.
  20. A. V. Oppenheim, "A Speech Analysis-Synthesis System Based on Homomorphic Filtering," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 45, pp. 458-465, February 1969.
  21. J. Olive, "Automatic Formant Tracking in a Newton-Raphson Technique," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 50, pp. 661-670, August 1971.
  22. M. Halle and K. N. Stevens, "Analysis by Synthesis," *Proc. Sem. Speech Compression*, Vol. II, Paper D7, December 1959.
  23. M. V. Mathews, J. E. Miller and E. E. David, Jr., "Pitch Synchronous Analysis of Voiced Sounds," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 33, pp. 179-186, 1961.
  24. A. E. Rosenberg, "Effect of Glottal Pulse Shape on the Quality of Natural Vowels," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 49, pp. 583-590, 1971.
  25. L. R. Rabiner and B. Gold, *Theory and Application of Digital Signal Processing*, Chapter 3, pp. 105-123, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1975.
  26. N. S. Jayant, "Adaptive Delta Modulation With a One-Bit Memory," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 49, pp. 321-342, 1970.
  27. R. E. Crochiere, "On the Design of Sub-Band Coders for Low Bit Rate Speech Communication," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 65, No. 5, pp. 747-770, May-June 1977.
  28. J. L. Flanagan and R. M. Golden, "Phase Vocoder," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 45, pp. 1493-1509, 1966.
  29. J. P. Carlson, "Digitalized Phase Vocoder," *Proc. Conf. on Speech Comm. and Proc.*, Boston, Mass., November 1967.
  30. H. Dudley, "The Vocoder," *Bell Labs Record*, Vol. 17, pp. 122-126, 1939.
  31. J. L. Flanagan, *Speech Analysis, Synthesis and Perception*, Second Edition, Chapter 8, pp. 321-385, Springer-Verlag, New York, 1972.
  32. M. R. Schroeder, "Vocoders: Analysis and Synthesis of Speech," *Proc. IEEE*, Vol. 54, pp. 720-734, May 1966.
  33. B. Gold and C. M. Rader, "Systems for Compressing the Bandwidth of Speech," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-15, No. 3, pp. 131-135, September 1967.
  34. B. Gold and C. M. Rader, "The Channel Vocoder," *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-15, No. 4, pp. 148-160, December 1967.

#### К главе 7

1. A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, and T. G. Stockham, Jr., "Nonlinear Filtering of Multiplied and Convolved Signals," *Proc. IEEE*, Vol. 56, No. 8, pp. 1264-1291, August 1968.
2. R. W. Schafer, "Echo Removal by Discrete Generalized Linear Filtering," Technical Report 466, Research Lab of Electronics, MIT, February 1969.
3. A. V. Oppenheim, "Superposition in a Class of Nonlinear Systems," Tech. Report No. 432, Research Lab. of Electronics, MIT, Cambridge, Massachusetts, March 1965.

4. B. Bogert, M. Healy, and J. Tukey, "The Quefrency Analysis of Time Series for Echoes," *Proc. Symp. on Time Series Analysis*, M. Rosenblatt, Ed., Ch. 15, pp. 209-243, J. Wiley, New York, 1963.
5. A. V. Oppenheim and R. W. Schafer, *Digital Signal Processing*, Chapter 10, pp. 480-531, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1975.
6. J. M. Tribolet, "A New Phase Unwrapping Algorithm," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-25, No. 2, pp. 170-177, April 1977.
7. K. Steiglitz and B. Dickinson, "Computation of the Complex Cepstrum by Factorization of the z-Transform," *Proc. 1977 ICASSP*, pp. 723-726, May 1977.
8. A. V. Oppenheim and R. W. Schafer, "Homomorphic Analysis of Speech," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-16, No. 2; pp. 221-226, June 1968.
9. A. M. Noll, "Cepstrum Pitch Determination," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 41, pp. 293-309, February 1967.
10. L. R. Rabiner, "On the Use of Autocorrelation Analysis for Pitch Detection," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-26, No. 1, pp. 24-33, February 1977.
11. R. W. Schafer and L. R. Rabiner, "System for Automatic Formant Analysis of Voiced Speech," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 47, No. 2, pp. 634-648, February 1970.
12. J. L. Flanagan, C. H. Coker, L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and N. Umeda, "Synthetic Voices for Computers," *IEEE Spectrum*, Vol. 7, No. 10, pp. 22-45, October 1970.
13. L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and C. M. Rader, "The Chirp z-Transform Algorithm and Its Application," *Bell System Tech. J.*, Vol. 48, pp. 1249-1292, 1969.
14. J. Olive, "Automatic Formant Tracking in a Newton-Raphson Technique," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 50, pp. 661-670, August 1971.
15. A. E. Rosenberg, R. W. Schafer, and L. R. Rabiner, "Effects of Smoothing and Quantizing the Parameters of Formant-Coded Voiced Speech," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 50, No. 6, pp. 1532-1538, December 1971.
16. L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and J. L. Flanagan, "Computer Synthesis of Speech by Concatenation of Formant-Coded Words," *Bell System Tech. J.*, Vol. 50, No. 5, pp. 1541-1558, May-June 1971.
17. A. V. Oppenheim, "A Speech Analysis-Synthesis System Based on Homomorphic Filtering," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 45, pp. 458-465, February 1969.
18. C. J. Weinstein and A. V. Oppenheim, "Predictive Coding in a Homomorphic Vocoder," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-19, No. 3, pp. 243-248, September 1971.
19. C. R. Patisaul and J. C. Hammett, "Time-Frequency Resolution Experi-

ment in Speech Analysis and Synthesis," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 58, No. 6, pp. 1296-1307, December 1975.

#### К главе 8

1. J. D. Markel and A. H. Gray, Jr., *Linear Prediction of Speech*, Springer-Verlag, New York, 1976.
2. J. Makhoul, "Linear Prediction: A Tutorial Review," *Proc. IEEE*, Vol. 63, pp. 561-580, 1975.
3. B. S. Atal and S. L. Hanauer, "Speech Analysis and Synthesis by Linear Prediction of the Speech Wave," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 50, pp. 637-655, 1971.
4. F. I. Itakura and S. Saito, "Analysis-Synthesis Telephony Based Upon the Maximum Likelihood Method," *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Congress on Acoustics*, pp. C17-20, Tokyo, 1968.
5. J. Makhoul, and J. Wolf, "Linear Prediction and the Spectral Analysis of Speech," *BBN Report No. 2304*, August 1972.
6. F. I. Itakura and S. Saito, "A Statistical Method for Estimation of Speech Spectral Density and Formant Frequencies," *Elec. and Comm. in Japan*, Vol. 53-A, No. 1, pp. 36-43, 1970.
7. J. Makhoul, "Spectral Linear Prediction: Properties and Applications," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, No. 3, pp. 283-296, June 1975.
8. J. Makhoul, "Spectral Analysis of Speech by Linear Prediction," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, No. 3, pp. 140-148, June 1973.
9. J. D. Markel and A. H. Gray Jr., "On Autocorrelation Equations as Applied to Speech Analysis," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, pp. 69-79, April 1973.
10. V. Zue, "Speech Analysis by Linear Prediction," *MIT QPR No. 105*, Research Lab of Electronics, April 1972.
11. J. Makhoul, "Stable and Efficient Lattice Methods for Linear Prediction," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-25, No. 5, pp. 423-428, October 1977.
12. J. Burg, "A New Analysis Technique for Time Series Data," *Proc. NATO Advanced Study Institute on Signal Proc.*, Enschede Netherlands, 1968.
13. M. R. Portnoff, V. W. Zue, and A. V. Oppenheim, "Some Considerations in the Use of Linear Prediction for Speech Analysis," *MIT QPR No. 106*, Research Lab of Electronics, July 1972.
14. H. Strube, "Determination of the Instant of Glottal Closure from the Speech Wave," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 56, No. 5, pp. 1625-1629, November 1974.
15. S. Chandra and W. C. Lin, "Experimental Comparison Between Stationary and Non-stationary Formulations of Linear Prediction Applied to Speech," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, pp. 403-415, 1974.
16. L. R. Rabiner, B. S. Atal, and M. R. Sambur, "LPC Prediction Error-Analysis of Its Variation with the Position of the Analysis Frame," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-25, No. 5, pp. 434-442, October 1977.

17. H. Wakita, "Direct Estimation of the Vocal Tract Shape by Inverse Filtering of Acoustic Speech Waveforms," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, No. 5, pp. 417-427, October 1973.
18. E. M. Hofstetter, "An Introduction to the Mathematics of Linear Predictive Filtering as Applied to Speech Analysis and Synthesis," *Tech. Note 1973-36, MIT Lincoln Labs*, July 1973.
19. J. D. Markel, "The SIFT Algorithm for Fundamental Frequency Estimation," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-20, No. 5, pp. 367-377, December 1972.
20. J. N. Maksym, "Real-Time Pitch Extraction by Adaptive Prediction of the Speech Waveform," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, No. 3, pp. 149-153, June 1973.
21. J. D. Markel, "Application of a Digital Inverse Filter for Automatic Formant and  $F_0$  Analysis," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, No. 3, pp. 149-153, June 1973.
22. J. D. Markel, "Digital Inverse Filtering — A New Tool for Formant Trajectory Estimation," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-20, No. 2, pp. 129-137, June 1972.
23. S. S. McCandless, "An Algorithm for Automatic Formant Extraction Using Linear Prediction Spectra," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, No. 2, pp. 135-141, April 1974.
24. J. D. Markel and A. H. Gray Jr., "A Linear Prediction Vocoder Simulation Based Upon the Autocorrelation Method," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, No. 2, pp. 124-134, April 1974.
25. R. Viswanathan and J. Makhoul, "Quantization Properties of Transmission Parameters in Linear Predictive Systems," *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, No. 3, pp. 309-321, June 1975.
26. M. R. Sambur, "An Efficient Linear Prediction Vocoder," *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 54, No. 10, pp. 1693-1723, December 1975.
27. B. S. Atal, M. R. Schroeder, and V. Stover, "Voice-Excited Predictive Coding System for Low Bit-Rate Transmission of Speech," *Proc. ICC*, pp. 30-37 to 30-40, 1975.
28. C. J. Weinstein, "A Linear Predictive Vocoder with Voice Excitation," *Proc. Eascon*, September 1975.

#### К главе 9

1. J. L. Flanagan, "Computers that Talk and Listen: Man-Machine Communication by Voice," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 405-415, April 1976.
2. N. R. Dixon and H. D. Maxey, "Terminal Analog Synthesis of Continuous Speech Using the Diphone Method of Segment Assembly," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-16, No. 1, pp. 40-50, January 1968.
3. J. L. Flanagan, C. H. Coker, L. R. Rabiner, R. W. Schafer and N. Umeda, "Synthetic Voices for Computers," *IEEE Spectrum*, Vol. 7, pp. 22-45, January 1970.
4. J. Allen, "Synthesis of Speech from Unrestricted Text," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 433-442, April 1976.
5. N. Umeda, "Linguistic Rules for Text-to-Speech Synthesis," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 443-451, April 1976.

6. C. H. Coker, "A Model of Articulatory Dynamics and Control," *Proc. IEEE*, Vol. 54, No. 4, pp. 452-459 April 1976.
7. L. H. Rosenthal, L. R. Rabiner, R. W. Schafer, P. Cumiskey, and J. L. Flanagan, "A Multiline Computer Voice Response System Utilizing ADPCM Coded Speech," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-22, No. 5, pp. 339-352, October 1974.
8. L. R. Rabiner and R. W. Schafer, "Digital Techniques for Computer Voice Response: Implementations and Applications," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 416-433, April 1976.
9. L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and J. L. Flanagan, "Computer Synthesis of Speech by Concatenation of Formant-Coded Words," *Bell System Tech. J.*, Vol. 50, No. 5, pp. 1541-1548, May-June 1971.
10. D. S. Levinstone, "Speech Synthesis System Integrating Formant-Coded Words and Computer-Generated Stress Parameters," M.Sc. Thesis, Dept. of Electrical Engr., MIT, Cambridge, 1972.
11. J. P. Olive and L. H. Nakatani, "Rule-Synthesis of Speech by Word Concatenation: A First Step," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 55, No. 3, pp. 660-666, March 1974.
12. J. L. Flanagan, L. R. Rabiner, R. W. Schafer, and J. D. Denman, "Wiring Telephone Apparatus from Computer Generated Speech," *Bell System Tech. J.*, Vol. 51, pp. 391-397, February 1972.
13. A. E. Rosenberg, "Automatic Speaker Verification: A Review," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 475-487, April 1976.
14. G. R. Doddington, "A Method of Speaker Verification," Ph.D. dissertation, Univ. Wisconsin, Madison, 1970.
15. R. C. Lummis, "Speaker Verification by Computer using Speech Intensity for Temporal Registration," *IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics*, Vol. AU-21, pp. 80-89, 1973.
16. A. E. Rosenberg and M. R. Sambur, "New Techniques for Automatic Speaker Verification," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, pp. 169-176, 1975.
17. F. Itakura, "Minimum Prediction Residual Principle Applied to Speech Recognition," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-23, No. 1, pp. 67-72, February 1975.
18. B. S. Atal, "Automatic Recognition of Speakers from Their Voices," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 460-475, April 1976.
19. P. D. Bricker et al., "Statistical Techniques for Talker Identification," *Bell System Tech. J.*, Vol. 50, pp. 1427-1454, April 1971.
20. B. S. Atal, "Effectiveness of Linear Prediction Characteristics of the Speech Wave for Automatic Speaker Identification and Verification," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 55, pp. 1304-1312, June 1974.
21. A. Newell et al., *Speech Understanding Systems*, Academic Press, New York, 1975.

22. D. R. Reddy, Editor, *Speech Recognition: Invited Papers of the IEEE Symposium*, Academic Press, New York, 1975.
23. T. B. Martin, "Practical Applications of Voice Input to Machines," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 487-501, April 1976.
24. D. R. Reddy, "Speech Recognition by Machine: A Review," *Proc. IEEE*, Vol. 64, No. 4, pp. 501-531, April 1976.
25. M. R. Sambur and L. R. Rabiner, "A Speaker Independent Digit Recognition System," *Bell System Tech. J.*, Vol. 54, No. 1, pp. 81-102, January 1975.
26. J. Makhoul and J. Wolf, "The Use of a Two-Pole Linear Prediction Model in Speech Recognition," Report 2537, Bolt, Beranek, and Newman, September 1973.
27. L. R. Rabiner and M. R. Sambur, "Some Preliminary Results on the Recognition of Connected Digits," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-24, No. 2, pp. 170-182, April 1976.
28. M. R. Sambur and L. R. Rabiner, "A Statistical Approach to the Recognition of Connected Digits," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Proc.*, Vol. ASSP-24, No. 6, December 1976.
29. H. B. Mann and A. Wald, "On the Statistical Treatment of Linear Stochastic Difference Equations," *Econometrica*, Vol. 11, Nos. 3 and 4, pp. 173-220, July-October 1943.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

##### К главе 1

1. Сапожков М. А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. М.: Связьиздат, 1963. 452 с.
2. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи: Пер. с англ./Под ред. А. А. Пирогова. М.: Связь, 1968. 396 с.
3. Фланаган Дж. Вычислительные машины говорят и слушают. Речевое общение человека с машиной. — ТИИЭР, 1976, т. 64, № 4.
4. Харкевич А. А. Очерки общей теории связи. М.: Гостехиздат, 1955. 268 с.
5. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике: Пер. с англ./Под ред. Р. Л. Добрушина, О. Б. Лупанова с предисловием А. Н. Колмогорова. М.: ИЛ, 1963. 243 с.

##### К главе 2

1. Голд Б., Рэйдер Ч. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./Под ред. А. М. Трахмана. М.: Сов. радио, 1973. 367 с.
2. Введение в цифровую фильтрацию/Под ред. Р. Богнера, А. Константинодиса: Пер. с англ./Под ред. Л. И. Филиппова. М.: Мир, 1976. 216 с.
3. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./Под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.
4. Рабинер Р., Гоулд Б. Теория и приложение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ./Под ред. Ю. Н. Александрова. М.: Мир, 1978. 848 с.

##### К главе 3

1. Бондарко Л. В. Звуковой строй современного русского языка. М.: Просвещение, 1977. 175 с.
2. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./

- Под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.
3. Сорокин В. Н. Потери в речевом тракте. — Акустический журнал, 1977, т. XXIII, № 6, с. 939—946.
  4. Сорокин В. Н. О роли подглоточной области в процессе речеобразования. — В кн.: Проблемы построения систем понимания речи. М.: Наука, 1980, с. 125.
  5. Прохоров Ю. Н. Новые модели речевых сигналов и рекуррентное оценивание параметров. — В кн.: Проблемы построения систем понимания речи. М.: Наука, 1980.
  6. Фант Г. Акустическая теория речеобразования. М.: Наука, 1964. 283 с.
  7. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи: Пер. с англ./Под ред. А. А. Пирогова. М.: Связь, 1968. 396 с.
  8. Харкевич А. А. Основы радиотехники. М.: Связьиздат, 1963. 560 с.

##### К главе 4

1. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./Под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.
2. Рабинер Р., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ./Под ред. Ю. Н. Александрова. М.: Мир, 1978. 848 с.
3. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи: Пер. с англ./Под ред. А. А. Пирогова. М.: Связь, 1968. 396 с.

##### К главе 5

1. Джаянт С. Цифровое кодирование речевых сигналов. Квантизаторы для ИКМ, ДИКМ и ДМУ. — ТИИЭР, 1975, т. 62, № 5, с. 83—107.
2. Дельта-модуляция: Теория и применение/Венедиктов М. Д., Женевский Ю. П., Марков В. В., Эйдус Г. С. М.: Связь, 1976. 271 с.
3. Назаров М. В., Пономарев Е. П. Адаптивная разностная ИКМ с линейным предсказанием на основе лестничного фильтра. — Электросвязь, 1979, № 11, с. 47—51.
4. Назаров М. В., Прохоров Ю. Н. и др. Цифровая реализация устройств первичной обработки речевых сигналов с линейным предсказанием. — В кн.: Тезисы докладов 11-го Всесоюзного семинара АРСО-11. Ереван, 1980.
5. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./Под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.
7. Эбейт Дж. Линейная и адаптивная дельта-модуляция. — ТИИЭР, 1967, т. 55, № 3, с. 59—71.

##### К главам 6, 7

1. Вокодерная телефония/Под ред. А. А. Пирогова. М.: Связь, 1974. 535 с.
2. Куля В. И. Ортогональные фильтры. Киев: Техніка, 1967. 240 с.
3. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./Под ред. С. Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.
4. Рабинер Р., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Пер. с англ./Под ред. Ю. Н. Александрова. М.: Мир, 1978. 848 с.
5. Сапожков М. А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. М.: Связьиздат, 1963. 452 с.
6. Фланаган Дж. Анализ, синтез и восприятие речи: Пер. с англ./Под ред. А. А. Пирогова. М.: Связь, 1968. 396 с.
7. Шрёдер М. Р. Вокодеры: Анализ и синтез речи. — ТИИЭР, 1966, т. 54, № 5, с. 5—21.

##### К главе 8

1. Акинфиев Н. Н. К вопросу построения теории речевых сообщений. — Труды Гос. НИИ МРТП СССР, 1957, вып. 4, с. 3—25.
2. Баронин С. П. Спектральный анализ и проблема сокращенного описания речевых сигналов. — В кн.: Спектральный анализ звуков речи и интонации. М. 1969, с. 13—30.
3. Коротаев Г. А. Системы анализа и синтеза речевого сигнала с линейным предсказанием. — Зарубежная радиоэлектроника, 1976, № 10, с. 3—14.
4. Маркел Дж. Д., Грэй А. Х. Линейное предсказание речи: Пер. с англ./Под ред. Ю. Н. Прохорова, В. С. Звездина. М.: Связь, 1980. 308 с.



5. Прохоров Ю. Н. Рекуррентное оценивание параметров речевых сигналов. — В кн.: Распознавание образов: Теория и приложение. М.: Наука, 1977, с. 67.

К главе 9

1. Вокодерная телефония/Под ред. А. А. Пирогова. М.: Связь, 1974. 535 с.
2. Анализ и распознавание речевых сигналов на ЭВМ. М.: Изд. ВЦ АН СССР, 1975. 167 с.
3. Гудонавичюс Р. В., Кемелис П. П., Читавичюс А. Б. Распознавание речевых сигналов по их структурным свойствам. Л.: Энергия, 1977. 61 с.
4. Винцюк Т. К. и др. Система реального времени для распознавания слов и слитной речи. — В кн.: Автоматическое распознавание слуховых образов. Материалы Всесоюзной школы-семинара АРСО-10. Тбилиси: Мецниереба, 1978, с. 176—178.
5. Деркач М. и др. Восприятие речи в распознающих моделях. Львов: ЛГУ, 1971. 187 с.
6. Загоруйко Н. Г. Методы распознавания и их применение. М.: Сов. радио, 1972. 206 с.
7. Звездин В. С. Речевое общение человека и ЭВМ. М.: Знание, 1980. 64 с.
8. Куля В. И., Смирнов Ю. М. и др. Методы и средства построения систем речевого обмена между ЦВМ и человеком. — В кн.: Автоматическое распознавание слуховых образов. Материалы Всесоюзной школы-семинара АРСО-10. Тбилиси: Мецниереба, 1978, с. 152—154.
9. Лабутин В. К., Молчанов А. П. Модели механизмов слуха. М.: Энергия, 1973. 200 с.
10. Лейтес Р. Д., Соболев В. Н. Цифровое моделирование систем синтетической телефонии. М.: Связь, 1969. 118 с.
11. Лобанов Б. М. Принципы автоматического синтеза интонационных структур. — В кн.: Автоматическое распознавание слуховых образов. Материалы Всесоюзной школы-семинара АРСО-10. Тбилиси: Мецниереба, 1978, с. 158—161.
12. Махонин В. А. О психоморфизме в автоматике. М.: Наука, 1971. 127 с.
13. Описание и распознавание объектов в системах искусственного интеллекта. М.: Наука, 1980. 137 с.
14. Проблемы построения систем понимания речи. М.: Наука, 1980. 144 с.
15. Распознавание образов. М.: Наука, 1977. 127 с.
16. Рамишвили Г. С. Автоматическое опознавание говорящего по голосу. М.: М.: Радио и связь, 1981. 224 с.
17. Речевое общение в автоматизированных системах. М.: Наука, 1975. 130 с.
18. Турбович И. Т., Гитис В. Г., Маслов О. К. Опознавание образов. М.: Наука, 1971. 246 с.
19. Цемель Г. И. Опознавание речевых сигналов. М.: Наука, 1971. 147 с.
20. Чистович Л. А., Венцов А. В. и др. Физиология речи. Восприятие речи человеком. Л.: Наука, 1976. 386 с.

Предметный указатель

- Адиабатическая постоянная 69  
 Акустическая проводимость 65  
 Акустическое сопротивление 65  
 Анализ синхронный с основным тоном, 297  
 Антирезонанс 49, 52, 78, 99  
 Артикуляторный аппарат 9, 10, 41  
 Аффрикатy 59  
 Верификация диктора 416  
 Вокодер 14, 231, 262, 263, 302, 416  
 — гомоморфный 358, 359  
 — на основе линейного предсказания 420  
 — полосный 303, 312, 315, 319, 320, 323  
 — фазовый 312—314, 317, 318, 323  
 Волна отраженная 83, 84, 85, 93, 96  
 — прямая 83, 84  
 Выделитель основного тона 129, 130, 133, 135, 143  
 Гласные 45, 46  
 Глоттальное колебание 297, 301  
 Глоттальный импульс 298, 300, 301  
 Голосовая щель 42, 43, 297, 302  
 Голосовой тракт 42, 43, 44, 46, 298, 300, 314, 323  
 Голосовые связки 43, 46  
 Гортань 42  
 Гребенка фильтров 231, 247, 253, 257—274, 297  
 Дельта-модуляция адаптивная 206, 207, 309  
 — — линейная 202, 204, 219, 222, 223  
 Дефекты речи 15  
 Динамическое программирование 448  
 Дифтонги 45, 49  
 Дыхательная смесь 16  
 Жесткость стенок голосового тракта 67  
 Звуковое давление 62, 67, 71, 74, 79, 84—86, 101  
 Звуки речи 41, 42  
 — — взрывные 44, 82, 104  
 — — вокализованные 43, 82, 102  
 — — кратковременные 45, 104  
 — — невокализованные 43, 82, 102, 103  
 — — носовые 42, 49, 71, 78, 105  
 — — протяжные 45, 62, 63  
 — — фрикативные 43, 52, 53, 105  
 Идентификация 416  
 Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ) адаптивная 184, 214, 220, 221, 309  
 — — — — разностная 213—215, 219—225  
 — — — — логарифмическая 209, 210, 220—222, 317  
 — — — — разностная 212, 220, 221  
 Интерполяция 32—36, 255, 303, 304, 315, 317, 414, 415, 436  
 Квантование 13  
 — адаптивное 183, 184, 206, 210, 211, 213, 311  
 — неравномерное 180, 184, 185  
 — оптимальное 178  
 — по  $\mu$ -закону 178, 181, 193, 214, 221  
 — равномерное 168, 170, 173, 174, 180, 185  
 — разностное 194, 202, 212  
 Квантователь с адаптацией по входу  
 — — выходу 185, 214  
 — — округлением 169  
 — — усечением 169  
 Кепстр 297, 339, 341, 411  
 — комплексный 333—335, 337, 340, 341  
 Компандирование по  $\mu$ -закону 175, 177  
 Компрессор 175  
 Коэффициент отражения 85—87, 92, 96, 408, 415  
 — теплопроводности 69  
 — частной корреляции 412, 413, 415  
 Лестничная структура 90, 100  
 Лингвистика 42  
 Масса стенок голосового тракта 67  
 Матрица теплицева 199, 372, 373, 380  
 Метод автокорреляционный 366, 370  
 — Дарбина 380, 382, 384, 395  
 — ковариационный 366, 372, 373  
 — Левинсона 380  
 — лестничного фильтра 366  
 — максимального правдоподобия 366  
 — обратной фильтрации 366  
 Модель полюсная 367  
 Наложение частот 32, 245, 338  
 Область сходимости 20  
 Основной тон 32, 289, 294, 297—299, 301, 302, 309, 314, 315, 321, 323, 347  
 Параметры голосового тракта 13  
 — источника возбуждения 13

Перегрузка по крутизне 204, 205, 208, 210  
Письменный эквивалент речи 10, 13  
Погрешность аппроксимации 276, 277  
Полугласные 45, 49  
Последовательность единичного скачка 17  
— минимально-фазовая 335  
— экспоненциальная 17  
Потери колебаний стенок голосового тракта 66, 67, 70, 71, 81  
— на вязкость 49, 61, 66, 70, 77, 78, 82  
— — излучение 73, 77, 82, 97  
— — теплопроводность 49, 62, 66, 69, 70, 71, 77, 78, 82  
Поток импульсный 78, 82  
— турбулентный 44, 52, 56, 78, 82  
— шумовой 59  
Предсказание 30  
— возвратное 383  
— линейное 365, 366  
— прямое 383  
Преобразование быстрое Фурье 282, 284, 285, 287, 288, 296, 304, 339  
— дискретное Фурье 22, 282—284, 287, 297, 301, 337  
— кратковременное Фурье 234—236  
— Фурье 19, 21  
Произведение гармоник 294, 296  
— — логарифмическое 295, 296  
Прореживание 32—35, 254, 303, 304, 315, 416  
Разложение Холецкого 377, 379  
Растяжение временного масштаба 319  
Реверберация 305, 308, 416  
Речевая связь 9, 10, 14  
Речеобразование 41, 42  
Решающее правило 451—454  
Свертка 19, 232, 241, 258, 260, 298, 299, 329, 336, 337  
— гомоморфная 329, 333  
— дискретная 330  
— обратная 329  
Сглаживание кепстральное 419  
— линейное 150—154  
— медианное 150—154  
— нелинейное 152, 154  
Сжатие временного масштаба 318, 319  
Сигнал максимально-фазовый 335  
— минимально-фазовый 335  
Синтез по правилам 430  
Система верификации диктора 14, 15, 442, 444  
— гомоморфная 329—331, 339  
— дискретная 18  
— идентификации диктора связи 11, 14, 15, 442, 450  
— инвариантная к временному сдвигу 19  
— компрессор-экспандер 175  
— минимально-фазовая 335  
— распознавания речи 15  
— речевого общения человека и машины 15, 16, 429, 430  
— — ответа 15  
— синтеза речи 15  
— с бесконечными импульсными характеристиками (БИХ) 26, 27  
— с конечными импульсными характеристиками (КИХ) 26  
— с одномерным и многомерным выходами 19  
— устойчивая 25  
— физически реализуемая 25, 28  
— характеристическая 331, 332, 337  
— — обратная 332  
— — прямая 332  
Скорость воздушного потока 62, 64, 80—88, 101  
— выполнения логических операций 12  
— передачи информации 10, 14  
— письменного эквивалента речи 13  
Скрытность передачи 12, 14  
Смычка 44, 49, 51, 52, 55, 56, 59, 77, 82  
Согласные 45  
Спектральная плотность мощности речи 166  
Спектрограмма 45, 48, 289, 290—292, 294, 305, 309, 312  
Спектрограф 45, 46, 289, 291  
Судебная экспертиза 15  
Теорема дискретизации 13, 30, 161, 167  
— дискретных преобразований Фурье 23  
— Котельникова 13  
— преобразования Фурье 22  
Труба неоднородная 60  
— однородная 63, 64  
Удельная теплоемкость 69  
Фильтр БИХ 28, 118  
— гомоморфный 330, 336  
— КИХ 26, 28, 118  
— лестничный 382, 383, 384  
— цифровой 24  
Фонемы 10, 41, 45  
Фонетика 41, 42  
Форманта 47, 77, 78, 95, 99, 351  
Функция кратковременная автокорреляционная 133, 134, 143, 147, 154  
— — среднего значения разности 141, 142  
— кратковременной энергии 114, 116, 118—120, 121, 123, 154  
— модифицированная кратковременная автокорреляционная 139, 141,

147  
— передаточная 24, 66, 74, 78, 89, 92, 94—96, 101, 105  
— плотности вероятности речи 163, 164  
— площади поперечного сечения 46, 62, 67, 74, 77, 78, 83, 96, 365, 410  
— преобразования временного масштаба 447  
— системная 66  
— среднего значения 117, 120, 121, 128  
— — числа переходов через нуль 119, 123, 128, 152, 154  
Характеристика амплитудно-частотная 26  
— импульсная 26, 88, 89  
— фазо-частотная 26, 27  
— частотная 25, 65, 68, 73, 74, 79, 96, 101, 105

Характеристическое сопротивление трубы 65  
Центральное ограничение 144, 145, 146, 149, 150  
Частота дискретизации 17, 32, 244, 245, 247, 255, 262, 281, 288, 298, 303  
— Найквиста 31, 32  
— основная 290, 291, 294, 295, 296, 318, 323  
— основного тона 346  
— формант 32, 48, 289, 291, 297, 301, 322  
— формантная 44, 46, 47, 66  
Шум белый 170, 217  
— дробления 204, 205, 208, 210  
— квантования 170, 171, 173  
— реверберации  
Экспандер 175

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие	6
<b>1. Введение</b>	<b>9</b>
1.0. Цель книги	9
1.1. Речевой сигнал	9
1.2. Обработка сигналов	10
1.3. Цифровая обработка сигналов	11
1.4. Цифровая обработка речи	12
1.4.1. Цифровая передача и хранение речевого сигнала	14
1.4.2. Системы синтеза речи	15
1.4.3. Системы верификации и идентификации диктора	15
1.4.4. Системы распознавания речи	15
1.4.5. Устранение дефектов речи	15
1.4.6. Улучшение качества речевого сигнала	16
1.5. Заключение	16
<b>2. Основы цифровой обработки сигналов</b>	<b>16</b>
2.0. Введение	16
2.1. Сигналы и системы в дискретном времени	16
2.2. Описание преобразований сигналов и систем	19
2.2.1. Прямое и обратное z-преобразование	19
2.2.2. Преобразование Фурье	21
2.2.3. Дискретное преобразование Фурье	22
2.3. Основы цифровой фильтрации	24
2.3.1. Системы с конечными импульсными характеристиками	26
2.3.2. Системы с бесконечными импульсными характеристиками	27
2.4. Дискретизация	30
2.4.1. Теорема дискретизации	30
2.4.2. Прореживание и интерполяция дискретизированного сигнала	32
2.5. Заключение	37
Задачи	37
<b>3. Цифровые модели речевых сигналов</b>	<b>41</b>
3.0. Введение	41
3.1. Процесс образования речи	42
3.1.1. Механизм речеобразования	42
3.1.2. Акустическая фонетика	45
3.2. Акустическая теория речеобразования	59
3.2.1. Распространение звуков	59
3.2.2. Однородная труба без потерь (пример)	63
3.2.3. Потери в голосовом тракте	66
3.2.4. Излучение через губы	71
3.2.5. Передаточная функция голосового тракта для гласных	74
3.2.6. Влияние носовой полости	77
3.2.7. Возбуждение звуков в голосовом тракте	78
3.2.8. Модели сигнала, основанные на акустической теории	82
3.3. Модели с трубами без потерь	83
3.3.1. Распространение звуковых волн в соединении труб без потерь	83
3.3.2. Граничные условия	86
3.3.3. Связь с цифровыми фильтрами	88
3.3.4. Передаточная функция модели с трубами без потерь	92
3.4. Цифровые модели речевых сигналов	97
3.4.1. Голосовой тракт	99
3.4.2. Излучение	101
3.4.3. Возбуждение	102
3.4.4. Полная модель	104

	Стр.
3.5. Заключение	105
Задачи	105
<b>4. Методы обработки речевых сигналов во временной области</b>	<b>110</b>
4.0. Введение	110
4.1. Текущая обработка речевых сигналов	110
4.2. Кратковременная энергия и кратковременное среднее значение сигнала	113
4.3. Кратковременная функция среднего числа переходов через нуль	119
4.4. Разделение речи и пауз на основе функций кратковременной энергии и среднего числа переходов через нуль	123
4.5. Оценивание периода основного тона на основе параллельной обработки	128
4.6. Кратковременная автокорреляционная функция	133
4.7. Кратковременная функция среднего значения разности	141
4.8. Оценивание периода основного тона по автокорреляционной функции	143
4.9. Медианное сглаживание и обработка речи	150
4.10. Заключение	154
Приложение. Сокращение объема вычислений при расчете автокорреляционной функции	154
Задачи	156
<b>5. Цифровое представление речевых сигналов</b>	<b>160</b>
5.0. Введение	160
5.1. Дискретизация речевых сигналов	161
5.2. Обзор статистических моделей речевых сигналов	162
5.3. Квантование мгновенных значений	166
5.3.1. Равномерное квантование	168
5.3.2. Мгновенное компандирование	174
5.3.3. Оптимальное квантование	178
5.4. Адаптивное квантование	183
5.4.1. Адаптация по входному сигналу	185
5.4.2. Адаптация по выходному сигналу	190
5.4.3. Общие замечания	194
5.5. Общая теория разностного квантования	194
5.6. Дельта-модуляция	202
5.6.1. Линейная дельта-модуляция	202
5.6.2. Адаптивная дельта-модуляция	206
5.6.3. Предсказание высокого порядка в дельта-модуляции	211
5.7. Разностная ИКМ	212
5.7.1. АРИКМ с адаптивным квантованием	213
5.7.2. АРИКМ с адаптивным предсказанием	215
5.8. Сравнение систем	220
5.9. Преобразования способов кодирования	222
5.9.1. Преобразование ЛДМ в ИКМ	223
5.9.2. Преобразование ИКМ—АРИКМ	225
5.10. Заключение	226
Задачи	226
<b>6. Кратковременный анализ Фурье</b>	<b>231</b>
6.0. Введение	231
6.1. Определения и свойства	232
6.1.1. Интерпретация преобразования Фурье	233
6.1.2. Интерпретация посредством линейной фильтрации	241
6.1.3. Частоты дискретизации $X_n(e^{i\omega})$ по времени и частоте	244
6.1.4. Кратковременный синтез методом суммирования выходов гребенки фильтров	247
6.1.5. Кратковременный синтез методом суммирования с наложением	255
6.1.6. Влияние преобразований кратковременного спектра на синтез	258
6.1.7. Аддитивное преобразование	261
6.1.8. Обзор методов кратковременного анализа и синтеза речи	262
6.2. Проектирование гребенок цифровых фильтров	263

	Стр.
6.2.1. Соображения практического характера . . . . .	263
6.2.2. Проектирование гребенок с БИХ-фильтрами . . . . .	271
6.2.3. Проектирование гребенок с КИХ-фильтрами . . . . .	273
6.3. Реализация метода суммирования выходов гребенки фильтров с помощью БПФ . . . . .	281
6.3.1. Методы анализа . . . . .	281
6.3.2. Методы синтеза . . . . .	285
6.4. Спектрографическое отображение . . . . .	289
6.5. Выделение основного тона . . . . .	294
6.6. Анализ через синтез . . . . .	297
6.6.1. Спектральный анализ, синхронный с основным тоном . . . . .	297
6.6.2. Анализ полюсов и нулей модели с помощью анализа через синтез . . . . .	300
6.6.3. Оценивание глоттальных колебаний, синхронное с основным тоном . . . . .	301
6.7. Системы анализа-синтеза . . . . .	302
6.7.1. Цифровое кодирование кратковременного преобразования Фурье . . . . .	303
6.7.2. Фазовый вокодер . . . . .	312
6.7.3. Полосный вокодер . . . . .	319
6.8. Заключение . . . . .	323
Задачи . . . . .	323
<b>7. Гомоморфная обработка речи . . . . .</b>	<b>329</b>
7.0. Введение . . . . .	329
7.1. Гомоморфные относительно свертки системы . . . . .	329
7.1.1. Свойства комплексного кепстра . . . . .	333
7.1.2. Вычислительные аспекты . . . . .	337
7.2. Комплексный кепстр речи . . . . .	340
7.3. Оценивание основного тона . . . . .	344
7.4. Оценивание формант . . . . .	351
7.5. Гомоморфный вокодер . . . . .	358
7.6. Заключение . . . . .	363
Задачи . . . . .	363
<b>8. Кодирование речевых сигналов на основе линейного предсказания . . . . .</b>	<b>365</b>
8.0. Введение . . . . .	365
8.1. Методы анализа на основе линейного предсказания . . . . .	366
8.1.1. Автокорреляционный метод . . . . .	370
8.1.2. Ковариационный метод . . . . .	372
8.1.3. Заключение . . . . .	374
8.2. Вычисление коэффициента усиления модели . . . . .	374
8.3. Решения уравнений линейного предсказания . . . . .	377
8.3.1. Решение на основе разложения Холецкого для ковариационного метода . . . . .	377
8.3.2. Алгоритм Дарбина для рекурсивного решения автокорреляционных уравнений . . . . .	380
8.3.3. Постановка задачи и ее решение на основе лестничного фильтра . . . . .	382
8.4. Сравнение методов решения уравнений линейного предсказания . . . . .	386
8.5. Погрешность предсказания . . . . .	390
8.5.1. Другие выражения для нормированного среднего квадрата погрешности предсказания . . . . .	394
8.5.2. Экспериментальное определение погрешности предсказания . . . . .	395
8.5.3. Зависимость нормированной погрешности предсказания от положения интервала анализа . . . . .	399
8.6. Анализ линейного предсказания в частотной области . . . . .	401
8.6.1. Спектральная трактовка среднего квадрата погрешности предсказания . . . . .	402
8.6.2. Сравнение кратковременного спектрального анализа с оценкой спектра на основе линейного предсказания . . . . .	405
8.6.3. Селективное линейное предсказание . . . . .	406
8.6.4. Сравнение методов линейного предсказания с методами анализа через синтез . . . . .	407

8.7. Применение анализа на основе линейного предсказания к моделям речевого тракта в виде труб без потерь . . . . .	408
8.8. Соотношения между различными параметрами речи . . . . .	410
8.8.1. Корни полинома передаточной функции предсказателя . . . . .	410
8.8.2. Кепстр . . . . .	411
8.8.3. Импульсная характеристика полюсной системы . . . . .	411
8.8.4. Автокорреляционная функция импульсной характеристики . . . . .	411
8.8.5. Коэффициенты автокорреляции полиномиальной передаточной функции предсказателя . . . . .	412
8.8.6. Коэффициенты частной корреляции . . . . .	412
8.8.7. Логарифм отношения площадей . . . . .	413
8.9. Синтез речевого сигнала по параметрам линейного предсказания . . . . .	413
8.10. Применение параметров линейного предсказания . . . . .	416
8.10.1. Оценивание основного тона на основе коэффициентов линейного предсказания . . . . .	416
8.10.2. Формантный анализ с использованием коэффициентов линейного предсказания . . . . .	419
8.10.3. Вокодер на основе линейного предсказания . . . . .	420
8.10.4. Полувокодер с линейным предсказанием . . . . .	422
8.11. Заключение . . . . .	424
Задачи . . . . .	424
<b>9. Цифровая обработка речи в системах речевого общения человека с машиной . . . . .</b>	<b>429</b>
9.0. Введение . . . . .	429
9.1. Системы с речевым ответом . . . . .	430
9.1.1. Основные аспекты построения систем с речевым ответом . . . . .	431
9.1.2. Многоканальная цифровая система с речевым ответом . . . . .	435
9.1.3. Система синтеза речи на основе последовательного объединения слов, закодированных формантами . . . . .	436
9.1.4. Применение систем с речевым ответом . . . . .	439
9.2. Системы распознавания дикторов . . . . .	442
9.2.1. Система верификации диктора . . . . .	444
9.2.2. Система идентификации диктора . . . . .	450
9.3. Системы распознавания речи . . . . .	455
9.3.1. Система распознавания изолированных цифр . . . . .	456
9.3.2. Система распознавания слитной последовательности цифр . . . . .	459
9.3.3. Меры различимости в пространстве параметров линейного предсказания . . . . .	464
9.3.4. Система распознавания с большим объемом словаря . . . . .	466
9.4. Комбинированная система речевого общения с машиной . . . . .	468
9.5. Заключение . . . . .	469
Список литературы . . . . .	472
Дополнительная литература . . . . .	486
Предметный указатель . . . . .	489