

and Design. In Journal of Agricultural Safety and Health (Vol. 14, Issue 1, pp. 5–20). American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE).

2. C. M. Wathes, J. B. Jones, H. H. Kristensen, E. K. M. Jones, & A. J. F. Webster. (2002). Aversion of Pigs and Domestic Fowl to Atmospheric Ammonia. In Transactions of the ASAE (Vol. 45, Issue 5). American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE).

3. Andrade, L. de B., Martín-Gómez, C., Zuazua-Ros, A., & Ariño, A. (2022). Pollutant Emissions in Livestock Buildings: Influence of Indoor Environment, Rearing Systems, and Manure Management. Research Square Platform LLC.

4. Cambra-López, M., Aarnink, A. J. A., Zhao, Y., Calvet, S., & Torres, A. G. (2010). Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. In Environmental Pollution (Vol. 158, Issue 1, pp. 1–17). Elsevier BV.

5. Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. In Revue Scientifique et Technique de l'OIE (Vol. 33, Issue 1, pp. 189–196). O.I.E (World Organisation for Animal Health).

6. Samandarov, B., Joldasbaev, D., & Gulmirzayeva, G. Internet ashyolar asosida qurilgan tizimlarda yuklamalarni muvozanatlash masalasi. Digital Transformation and Artificial Intelligence. 2024, 2(4), 126–132.

7. Самандаров, Б., Нишанов, А., Жолдасбаев, Д., & Гулмирзаева, Г. Адаптивное управление процессами передачи данных в IoT устройствах. Потомки Аль-Фаргани. 2025, 1(1), 100–105.

SHAXSNI TANIB OLISHDA NUTQ SIGNALLARINING XUSUSIYATLARI VA PARAMETRLARINI SHAKLLANTIRISH

Abdirazakov Faxriddin Bekpulatovich

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti doktoranti

faxriddinabdirazzoqov@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada shaxsni tanib olish tizimlarida nutq signallarining roli, ularning xususiyatlarini ajratib olish va parametrlarini shakllantirish jarayonlari yoritiladi. Nutq signalining biometrik identifikatsiyadagi o'ziga xosligi, ayniqsa, har bir insonning fonetik va akustik jihatdan takrorlanmas nutq xususiyatlariga asoslanadi.

Kalit so'zlar: nutq signali, shaxsni aniqlash, biometrik tanib olish, xususiyatlarni ajratish, MFCC, formant chastotalar, akustik xususiyatlar, signalni qayta ishlash.

ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ.

Аннотация: В данной статье рассматривается роль речевых сигналов в системах идентификации личности, а также процессы выделения их характеристик и формирования параметров. Биометрическая уникальность речевого сигнала основана на неповторимых фонетических и акустических особенностях речи каждого человека.

Ключевые слова: речевой сигнал, идентификация личности, биометрическое распознавание, извлечение признаков, MFCC, формантные частоты, акустические характеристики, обработка сигнала.

FEATURE EXTRACTION AND PARAMETER FORMATION OF SPEECH SIGNALS FOR SPEAKER IDENTIFICATION

Annotation: This article examines the role of speech signals in personal identification systems, as well as the processes of feature extraction and parameter formation. The biometric uniqueness of a speech signal is based on the distinctive phonetic and acoustic characteristics of each individual's voice.

Keywords: speech signal, speaker identification, biometric recognition, feature extraction, MFCC, formant frequencies, acoustic features, signal processing.

Nutq signallari yordamida shaxsni tanib olish texnologiyalari so'nggi yillarda sun'iy intellekt va mashinali o'qitishning rivojlanishi bilan yangi bosqichga ko'tarildi. Biometrik identifikatsiya va tanib olish usullari orasida nutq signalidan foydalanish yuqori ishonchliligi va tabiiyligi bilan ajralib turadi. Shaxsni tanib olish uchun nutq signalining xususiyatlarini o'rganish va tahlil qilish muhim ahamiyatga ega bo'lib, bu turli akustik, spektral va prosodik parametrlarni aniqlash orqali amalga oshiriladi. Ushbu maqolada nutq signallarining turli xususiyatlari, ularning parametrlarini aniqlash usullari va shaxsni tanib olishda bu xususiyat va parametrlar turlarini birma bir ko'rib chiqamiz.

Nutq signalining umumiy xususiyatlari. Nutq signali vaqt bo'yicha o'zgaruvchan bo'lganligi uchun, u quyidagi asosiy xususiyatlarga ega xisoblanadi:

Spektral xususiyatlar. Nutq signallarini spektral tahlili nutq signalining chastota tarkibini aniqlashga yordam beradi. Ushbu xususiyatlar Furiye transformatsiyasi va mel-filtrlash yordamida olinadi[1].

Nutq signalining spektral xususiyatlar nutq signalining chastota tarkibini tavsiflaydi va shaxsni tanib olishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu xususiyatlar Furiye transformatsiyasi, Mel-filtrlar va spektral energiya tahlili kabi usullar yordamida aniqlanadi.

Spektral tahlil orqali quyidagi xususiyatlar hisoblanadi:

Spektral yoyilish (Spectral Spread) – signalning chastotalar bo'ylab keng tarqalishini ifodalab keladi.

Spektral markaz (Spectral Centroid) – signal energiyasining asosiy qismi to'plangan chastota xisoblanadi.

Spektral siyraklik (Spectral Flatness) – spektrning tekis yoki aniq bir cho'qqilarga ega ekanligini ko'rsatib keladi.

Formant chastotalari (Formants, F1, F2, F3) – nutq organlarining rezonans xususiyatlarini ifodalaydi.

Mel-chastotalar spektral koeffitsientlari (MFCC) – inson eshitish tizimiga moslangan spektral parametrlar xisob beradi[2].

Furiye transformatsiyasi (FFT – Fast Fourier Transform). Spektral tarkibni aniqlash uchun nutq signaliga tezkor Furiye transformatsiyasi qo'llaniladi va uning formulasi quydagicha.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j^2\pi kn/N} \quad (1)$$

Bu yerda: $X(k)$ - chastota domenidagi signal, $x(n)$ – vaqt domenidagi nutq signali, N – signal uzunligi, k - chastota komponenti.

Spektral markaz (Spectral Centroid). Signal energiyasining qaysi chastotalar atrofida to'planganligini aniqlashda foydalaniladi va uning formulasi quydagicha.

$$C = \frac{\sum_{k=1}^N f_k S(k)}{\sum_{k=1}^N S(k)} \quad (2)$$

Bu yerda: f_k – k -bin chastotasi, ya'ni signalning shu joyidagi chastota qiymati.

$S(k)$ – shu chastotadagi signal energiyasi yoki amplitudasi xisoblanadi.

Agar bizda **44100 Hz** chastota bilan olingan nutq signali bo'lsa va **FFT** natijasida **$N = 1024$** nuqta olsak, u holda f_k quyidagi formula orqali xisoblanadi.

$$f_k = \frac{k \times F_s}{N} \quad (3)$$

Bu yerda: F_s – diskretizatsiya chastotasi (masalan, 44100 Hz),

N – FFT oynasining uzunligi (masalan, 1024), k – indeks (0 dan $N/2$ gacha). Shunday qilib, f_k chastotalarning qiymatlarini bildiradi va u spektral xususiyatlarni hisoblashda asosiy rol oʻynaydi[3].

Spektral yoyilish (Spectral Spread) – bu nutq signalining chastotalar boʻyicha tarqalish darajasini ifodalovchi koʻrsatkich. U signalning **spektral markazi (Spectral Centroid)** atrofida qanday tarqalganligini aniqlaydi. Agar nutq signalining energiyasi qisqa chastota diapazonida toʻplangan boʻlsa, spektral yoyilish **kichik boʻladi**, aksincha, signal keng chastota diapazoniga yoyilgan boʻlsa, spektral yoyilish **katta boʻladi**. Spektral yoyilish signalning spektral markazdan **oʻrtacha kvadratik ogʻishi** (variance) sifatida aniqlanadi va quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (f_k - C)^2 S(k)}{\sum_{k=1}^N S(k)}} \quad (4)$$

Bu yerda: σ – spektral yoyilish (Spectral Spread), f_k – k -bin chastotasi, yaʼni signalning shu joyidagi chastota qiymati, C – spektral markaz:

Spektral yoyilishning shaxsni tanib olishdagi oʻrni. Har bir insonning ovozi nutq aʼzolari (ovoz boylamlari, til, lablar, burun boʻshligʻi) va talaffuz uslubiga bogʻliq holda oʻziga xos akustik xususiyatlarga ega. Ushbu akustik xususiyatlar spektral yoyilishda aks etadi. Misol uchun erkaklarning ovozi odatda past chastotalarga yaqin boʻlgan tor spektrga ega boʻlsa, ayollarning va bolalarning ovozi baland chastotalarga tarqalgan kengroq spektrga ega boʻladi. Shu sababli, spektral yoyilish shaxsni identifikatsiya qilishda muhim omil hisoblanadi. Nutq ohangi va talaffuz xususiyatlarini aniqlashda shaxsning nutq ohangi va talaffuz uslubi uning spektral yoyilishiga bevosita taʼsir qiladi[4]. Misol uchun sekin, aniq talaffuz qilingan nutq tor spektrga ega boʻlishi mumkin. Tez, energiyali yoki qoʻpol talaffuz qilingan nutq keng spektrga ega boʻlishi mumkin. Shunday qilib, shaxsni ovoz orqali tanib olishda spektral yoyilish orqali talaffuz uslubi ham baholanadi. Spektral yoyilish emotsional holatni aniqlashda xam muhim rol sanaladi.

Spektral siyraklik (Spectral Flatness). Nutq signalining spektral siyraklik xususiyati bu nutq signalining spektri qanchalik tekis yoki siyrak ekanligini koʻrsatuvchi xususiyatdir. Bu koʻrsatkich signalning tonalligi (tonal) yoki shovqinli (noisy) ekanligini aniqlashga yordam beradi. Agar spektral siyraklik yuqori boʻlsa – signal energiyasi spektr boʻylab bir tekis tarqalgan boʻladi, yaʼni shovqin yoki frikativ tovushlar (masalan, “s”, “sh”) nutq signalida koʻp boʻladi. Agar spektral siyraklik past boʻlsa – signal energiyasi maʼlum chastotalarga jamlangan boʻladi, yaʼni signal tonal (masalan, unli tovushlar) dan iborat boʻladi. Spektral siyraklik quyidagi formula asosida spektral siyraklik geometrik oʻrtacha va aritmetik oʻrtacha nisbatiga asoslangan boʻladi[5].

$$SF = \frac{(\prod_{k=1}^N S(k))^{\frac{1}{N}}}{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N S(k)} \quad (5)$$

Bu yerda: SF – spektral siyraklik (Spectral Flatness), $S(k)$ – signalning k -chastotadagi energiyasi, N – umumiy chastota binlari soni, $\prod$ – geometrik oʻrtacha (koʻpaytma ildizi), $\sum$ – arifmetik oʻrtacha (yigʻindi). Agar $SF=1 \rightarrow$ spektr shovqinli, energiya barcha chastotalarda teng tarqalgan, agar $SF \approx 0 \rightarrow$ spektr tonal, energiya faqat muayyan chastotalarda jamlangan boʻladi. Nutq orqali shaxsni aniqlashda spektral siyraklik quyidagi jihatlar uchun muhim hisoblanadi. Har bir insonning ovozi unli va undosh tovushlarning qanday taqsimlanganligi bilan farqlanadi.

Shaxsni tanib olishda spektral siyraklik ovozning oʻziga xosligini, talaffuz uslubini va emotsional holatini aniqlashga yordam berish orqali shaxsni tanib olish tizimlarining aniqligini oshirishda muhim akustik xususiyatlardan biri hisoblanadi.

Formant chastotalari – bu nutq signalining spektrida paydo boʻladigan energiya maksimumlari boʻlib, ular insonning nutq organlari (til, lablar, tomoq) tomonidan hosil qilinadi.

Formantlar inson ovozining o'ziga xosligini belgilovchi muhim akustik parametrlardan biri hisoblanadi.

Nutq signalida odatda eng muhim uchta formant chastotalari tahlil qilinadi:

□ *F1 (Birinchii formant)* – og'iz bo'shlig'ining ochiqlik darajasi va tilning vertikal joylashuvi bilan bog'liq.

□ *F2 (Ikkinchi formant)* – tilning gorizontaal harakati (old yoki orqa) bilan bog'liq.

□ *F3 (Uchinchi formant)* – lablarning shakli va rezonans xususiyatlarini ifodalaydi.

Mel-chastotalar spektral koeffitsientlari (MFCC). **Mel-chastotalar spektral koeffitsientlari (MFCC)** – bu nutq signallarini tahlil qilish va shaxsni tanib olishda ishlatiladigan eng samarali xususiyatlar to'plamidan biri. MFCC'lar **odam eshitish tizimi** qanday ishlashini taqlid qiladi va **Mel shkalasi** asosida spektral xususiyatlarni ifodalaydi.

Fourier Transform (FFT – Tezkor Fourier tahlili). Nutq signalini chastota sohasiga o'tkazish uchun Fourier transformasi qo'llanadi[6]:

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n)e^{-j^2\pi kn/N} \quad (6)$$

Bu signalning chastota spektrini beradi.

Mel Filter Bank (Mel-chastota filtrlarini qo'llash). Fourier spektri **Mel shkalasi asosida bo'lingan uzburchak filtrlar to'plamiga** bo'linadi. Mel shkalasi quyidagi formula bilan topiladi:

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (7)$$

Mel filtrlari oddiy chastotani inson sezadigan shaklga o'zgartiradi.

Logarithm (Energiyani log miqyosiga o'tkazish). Mel filtrlaridan o'tkazilgan signal logarifm qilinadi:

$$E_m = \log \left(\sum_{k=1}^N |S(k)|^2 F_m(k) \right) \quad (8)$$

Logarifm inson eshitish tizimidagi kuchaytirish effektini taqlid qiladi.

Discrete Cosine Transform (DCT – Diskret Kosinus Transformasi). Oxirgi bosqich – **DCT orqali asosiy MFCC koeffitsiyentlarini olish**.

$$c_n = \sum_{m=1}^M E_m \cos \left[\frac{\pi n}{M} (m - 0.5) \right], n = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

Bu **MFCC koeffitsiyentlarini** hisoblaydi, ya'ni nutq signalining eng muhim xususiyatlarini ajratib ko'rstadi. MFCC inson qulog'iga mos bo'lib, shovqinni kamaytirishga va muhim xususiyatlarni ajratishga yordam beradi va Har bir insonning ovoz shakllantirish tizimi (og'iz, burun, tomoq va ovoz paychalari) o'ziga xos hisoblanadi. MFCC shu fiziologik farqlarni aks ettiradi, shuning uchun shaxsni tanib olishda samarali xisoblanadi[7].

Ushbu tadqiqotda nutq signalining spektral va akustik xususiyatlari tahlil qilinib, shaxsni tanib olish tizimlaridagi ahamiyati yoritildi. MFCC, formant chastotalar, spektral markaz, yoyilish va siyraklik kabi parametrlar shaxsga xos akustik belgilarni aniqlashda muhim omillar sifatida namoyon bo'ldi. Tadqiqot natijalari ushbu xususiyatlarni mashinali o'qitish usullari bilan birlashtirish orqali identifikatsiya aniqligini oshirish mumkinligini ko'rsatdi. Nutq asosidagi biometrik yondashuv ishonchliligi va tabiiyligi bilan ajralib turadi hamda zamonaviy identifikatsiya tizimlari uchun samarali yechim hisoblanadi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Chauhan, N. & Chandra, M. (2023) Speaker Identification Using MFCC Feature Extraction and ANN Classifier, *Wireless Personal Communications*, 122(1), pp. 191–194. Available at: <https://dl.acm.org/doi/10.1007/s11277-024-11282-1>.

- 2.Nasr, M.A., Abd-Elnaby, M., El-Fishawy, A.S., El-Rabaie, S. & El-Samie, A. (2021) Speaker Identification Based on Normalized Pitch Frequency and Mel Frequency Cepstral Coefficients, *International Journal of Speech Technology*, 21, pp. 941–951.
- 3.Singh, M.K., Singh, A.K. & Singh, N. (2021) Multimedia Analysis for Disguised Voice and Classification Efficiency, *Multimedia Tools and Applications*, 78(20), pp. 29395–29411.
- 4.Ganchev, T., Fakotakis, N. & Kokkinakis, G. (2022) Comparative Evaluation of Various MFCC Implementations on the Speaker Verification Task, *10th International Conference on Speech and Computer (SPECOM 2022)*, Vol. 1, pp. 191–194.
- 5.Yuan, Y., Zhao, P. & Zhou, Q. (2020) Research of Speaker Recognition Based on Combination of LPCC and MFCC, *International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, pp. 1147–1149. Available at: https://www.researchgate.net/publication/251973519_Research_of_speaker_recognition_based_on_combination_of_LPCC_and_MFCC.
- 6.Han, K., Yu, D., Tao, R. & Deng, L. (2023) Deep Neural Network Based Speaker Recognition, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 22(12), pp. 1709–1721.
- 7.Reynolds, D.A. & Rose, R.C. (2022) Robust Text-Independent Speaker Identification Using Gaussian Mixture Speaker Models, *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 3(1), pp. 72–83.

SI/Cu PLENKA SIRTIGA O₂⁺ IONLARI BILAN IMPLANTATSIYA QILINGANDA NANOOLCHAMLI PLYONKASINING HOSIL BO'LISHI

Rabbimov E.A.

Jizzax politexnika instituti dotsenti

Saitqulova R.X.

Jizzax politexnika instituti talabasi

Anotatsiya: O₂⁺ ionlari bilan implantatsiya qilingandan keyingi Si-Cu(100) sirt yuzasi va sirt qismi tarkibining va tarkibidagi atomlar taqsimlanishi tekshirilgan. Bu ishda Si/Cu(100) tizimini O₂⁺ ionlari bilan ionli implantatsiya qilish natijasida sirt yuza bo'ylab va sirt yuza qatlami tarkibidagi atomlarning taqsimlanishini tekshirish ishi birinchi marta o'tkazilmoqda. Toza Si/Cu tizimini O₂⁺ ionlari bilan implantatsiya qilish va qizdirish yo'li bilan d ~1,5-2 nm qalinlikdagi SiO₂ nanoplyonkasini olish imkonini berar ekan.

Kalit so'zlar: ionli implantatsiya, nanoplenka, epitaksial plyonka, getroepitaksial tizim, foton, miqdor, elektron, plenka, turg'un bo'lmagan sirtyuza ionlanishi, modulyatsiya usuli, kuchlanishning modulyatsiya usuli.

ОБРАЗОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНОЙ ПЛЕНКИ Si/Cu ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПЛЕНКИ ИОНОВ O₂⁺

Аннотация: В данной работе изучается поверхностный состав и атомное распределение системы Si-Cu(100) после имплантации ионами O₂⁺. Впервые было проанализировано распределение атомов по поверхности и в приповерхностном слое системы Si/Cu(100) после ионной имплантации. Результаты показывают, что путем имплантации чистого Si/Cu ионами O₂⁺ и применения тепла можно получить нанопленку SiO₂ толщиной приблизительно 1,5–2 нм.