

algorithms based on Singular Value Decomposition and Hidden Markov Model," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 01-03, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670357.

3. Musaev, M., Abdullaeva, M., Ochilov, M. Advanced Feature Extraction Method for Speaker Identification Using a Classification Algorithm. AIP Conference Proceedings, 2022, 2656, 020022

4. S. Kamoliddin Elbobu ugli, K. Shokhrukhmirzo Imomali ugli and K. Umidjon Komiljon ugli, "Uzbek speech commands recognition and implementation based on HMM," 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Tashkent, Uzbekistan, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/AICT50176.2020.9368591.

5. K. Shukurov, U. Berdanov, U. Khasanov, S. Kholdorov and B. Turaev, "The role of adaptive filters in the recognition of speech commands," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670084.

6. J. Tang, X. Chen and W. Liu, "Efficient Language Identification for All-Language Internet News," 2021 International Conference on Asian Language Processing (IALP), Singapore, Singapore, 2021, pp. 165-169, doi: 10.1109/IALP54817.2021.9675270.

7. L. Sun, "Language Identification with Unsupervised Phoneme-like Sequence and TDNN-LSTM-RNN," 2020 15th IEEE International Conference on Signal Processing (ICSP), Beijing, China, 2020, pp. 341-345, doi: 10.1109/ICSP48669.2020.9320919.

8. J. K. Van Dam and V. Zaytsev, "Software Language Identification with Natural Language Classifiers," 2016 IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER), Osaka, Japan, 2016, pp. 624-628, doi: 10.1109/SANER.2016.92.

NUTQ SIGNALLARINI INTELLEKTUAL TAHLIL QILISH ALGORITMLARI TAHLILI

Abdirazakov Faxriddin Bekpulatovich

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,
Kompyuter tizimlari kafedrası, doktoranti
faxriddinabdirazzoqov@gmail.com

Nasirov Sulton Uali o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, ATDT
kafedrası, doktoranti
sultan250593@gmail.com

Husanov Urolboy Abdumannon o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,
Kompyuter tizimlari kafedrası, o'qituvchisi
khusanov.u8377@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada nutq signallarini intellektual tahlil qilishda qo'llaniladigan zamonaviy algoritmlar va ularning ilmiy-amaliy ahamiyati ko'rib chiqiladi. Sun'iy intellekt va mashinali o'rganish texnologiyalarining rivojlanishi natijasida nutq signalini avtomatik qayta ishlash, xususiyatlarini ajratib olish va tanib olish imkoniyatlari kengaymoqda. Tadqiqotda MFCC, CNN va RNN kabi ilg'or metodlar asosida modellashtirish jarayonlari tahlil qilinadi. Nutqni matnga aylantirish, gapiruvchini identifikatsiyalash hamda kontekstni tushunish kabi

muammolarni hal qilishga xizmat qiluvchi algoritmlar yoritiladi. Natijalar intellektual ovozi interfeyslar, xavfsizlik tizimlari va lingvistik ilovalarda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: nutq signali, intellektual tahlil, sun'iy intellekt, MO, MFCC, CNN, RNN, tanib olish, identifikatsiya, ovozli tizimlar.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

Аннотация: В данной статье рассматриваются современные алгоритмы, применяемые для интеллектуального анализа речевых сигналов, а также их научно-практическое значение. Развитие технологий искусственного интеллекта и машинного обучения расширяет возможности автоматической обработки речевых сигналов, извлечения признаков и распознавания. В исследовании анализируются процессы моделирования на основе таких передовых методов, как MFCC, CNN и RNN. Также рассматриваются алгоритмы, применяемые для преобразования речи в текст, идентификации говорящего и понимания контекста. Полученные результаты могут быть использованы в интеллектуальных голосовых интерфейсах, системах безопасности и лингвистических приложениях.

Ключевые слова: речевой сигнал, интеллектуальный анализ, искусственный интеллект, МО (машинное обучение), MFCC, CNN, RNN, распознавание, идентификация, голосовые системы.

ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR INTELLIGENT PROCESSING OF SPEECH SIGNALS

Annotation: This paper examines modern algorithms used for the intelligent analysis of speech signals and their scientific and practical significance. The development of artificial intelligence and machine learning technologies has expanded the capabilities of automatic speech signal processing, feature extraction, and recognition. The study analyzes modeling processes based on advanced methods such as MFCC, CNN, and RNN. It also explores algorithms used for speech-to-text conversion, speaker identification, and context understanding. The results may be applied in intelligent voice interfaces, security systems, and linguistic applications.

Keywords: speech signal, intelligent analysis, artificial intelligence, ML (machine learning), MFCC, CNN, RNN, recognition, identification, voice systems.

So'nggi yillarda sun'iy intellekt (SI) va mashinali o'rganish (MO') texnologiyalarining jadal rivojlanishi inson va kompyuter o'rtasidagi tabiiy muloqotni ta'minlash borasida yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Ayniqsa, nutq signallarini avtomatik tahlil qilish, tanib olish va mazmunini anglash texnologiyalari turli sohalarida – jumladan, xavfsizlik tizimlari, mobil ilovalar, ovozli interfeyslar, tibbiyot, robototexnika va ta'limda katta amaliy ahamiyat kasb etmoqda[1].

Mel-chastotali kepsstral ko'effitsiyentlar (MFCC), Chroma, Spectral Contrast kabi xususiyatlarni ajratish metodlari nutqdagi eng muhim parametrlarni ifodalab beradi. Shu bilan birga, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) vizual va fazoviy xususiyatlarni aniqlashda, rekurrent neyron tarmoqlar (RNN, ayniqsa LSTM va GRU variantlari) esa vaqt bo'yicha o'zgaruvchan ketma-ketliklarni tahlil qilishda samarali natijalar bermoqda.

Hozirgi kunda nutqni tanib olish (ASR – Automatic Speech Recognition), gapiruvchini identifikatsiyalash (Speaker Identification), nutqdagi ma'noni tushunish (Speech Understanding) kabi yo'nalishlarda yuqoridagi algoritmlar keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa, ko'p tillilikni qo'llab-quvvatlaydigan va kam resursli tillar uchun modellar yaratish dolzarb masala bo'lib qolmoqda.

Ushbu maqolada nutq signallarini intellektual tahlil qilishga qaratilgan zamonaviy algoritmlar, ularning ishlash tamoyillari, afzalliklari va real ilovalardagi qo'llanilishi yoritiladi. Tadqiqot natijalari turli sun'iy intellekt tizimlarining samaradorligini oshirishda, shuningdek, o'zbek tilidagi nutqni avtomatik tahlil qilish uchun asos yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Nutq signallarini intellektual tahlil qilish jarayoni ko'p bosqichli va murakkab struktura asosida tashkil etiladi. Har bir bosqichda turli algoritmik yondashuvlar va modellar qo'llaniladi, ular o'ziga xos vazifalarni bajaradi va yakuniy natijaga erishishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu bosqichlar ketma-ketlikda bajariladi va ular bir-biriga uzviy bog'langan holda ishlaydi. Quyida ushbu jarayonlarning asosiy bosqichlari batafsil yoritiladi:

• **Signalni raqamlashtirish (Digitization).** Dastlabki bosqichda analog shakldagi nutq signali raqamli formatga aylantiriladi. Bu jarayon odatda diskretlashtirish (sampling) va kvantlash (quantization) amallari orqali amalga oshiriladi. Signalni raqamli ko'rinishga o'tkazish orqali uni kompyuterda qayta ishlash imkoniyati yaratiladi. Bu bosqichda tanlangan namuna olish chastotasi (sampling rate) va bit chuqurligi (bit depth) natijaviy sifatga bevosita ta'sir ko'rsatadi[2].

• **Xususiyatlarni ajratish (Feature Extraction).** Raqamlashtirilgan signalning ma'no va strukturasini ifodalovchi asosiy xususiyatlar ajratib olinadi. Bu bosqichda signalning spektral, vaqtli va fazoviy xususiyatlari aniqlanadi. Eng ko'p qo'llaniladigan metodlardan biri bu MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) bo'lib, u signalning asosiy tovush elementlarini (formantalar, spektral energiya va h.k.) qisqacha va samarali tarzda ifodalaydi.

• **Modellashtirish (Modeling):** Vaqt va fazo bo'yicha ajratilgan xususiyatlar asosida nutq signali modellashtiriladi. Bu bosqichda fazoviy (spatial) va vaqtli (temporal) o'zgarishlar inobatga olinadi.

Masalan: CNN (Convolutional Neural Networks) spektrogramma asosida fazoviy xususiyatlarni aniqlaydi, tovushdagi kerakli strukturalarni o'rganadi.

RNN (Recurrent Neural Networks) esa vaqt bo'yicha ketma-ketlikni modellashtirishda samarali bo'lib, nutqning davomiyligi va kontekstual bog'lanishini hisobga oladi.

• **Kontekstni tushunish (Context Understanding).** Bu bosqichda tizim signal tarkibidagi so'zlar, gaplar yoki semantik birliklar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlaydi. Aynan shu bosqichda gapiruvchining niyati, savol yoki buyrug'i tushuniladi. Transformer arxitekturalari, BERT, Whisper, wav2vec 2.0 kabi modellar aynan shu bosqichda yuqori natijalar beradi.

• **Tasniflash va tanib olish (Classification & Recognition).** Oxirgi bosqichda model tomonidan ishlab chiqilgan vakillik (representation) asosida so'z, gapiruvchi yoki ifoda aniqlanadi. Bu bosqichda model natijalarni klasslarga ajratadi (masalan: so'zlar to'plami, gapiruvchilar ro'yxati, buyruqlar). Softmax, CTC (Connectionist Temporal Classification), yoki beam search decoding algoritmlari qo'llanilishi mumkin[3].

1-jadval. Algoritmlar tahlili.

Algoritm	Asosiy vazifasi	Afzalliklari	Kamchiliklari	Qo'llanilish sohasi
Transformer	parallel ketma-ketlikni tahlil qilish, kontekstni chuqur o'rganish	juda samarali, parallel ishlaydi	juda katta hajmli ma'lumot va resurs talab qiladi	nutqni matnga aylantirish (ASR), mashinaviy tarjima, ovozli AI yordamchilari
Attention (Self-Attention)	muhim segmentlarga e'tibor qaratish,	kichik model ichida ham kontekstni yaxshi ushlaydi	CNN yoki RNN bilan birgalikda ishlatiladi,	nutqni segmentlarga ajratish,

	kontekstni aniqlash			kontekstni tushunish
DeepSpeech (Deep Learning ASR modeli)	nutqni matnga aylantirish (speech-to-text)	soddalashtirilgan struktura, real vaqtda ishlashi mumkin	kam resursli tillarda ma'lumot yetishmovchiligi seziladi	ASR tizimlari, ovozdan yozuvga aylantirish ilovalari
HMM (Yashirin Markov modeli)	ketma-ketlikda ehtimollik asosida modellashtirish	matematik asosda ishonchli, nazariy jihatdan isbotlangan va konseptual jihatdan to'g'ri ishlaydi.	kontekstni chuqur ushlay olmaydi, hozirgi zamonaviy modellar bilan raqobat qila olmaydi	klassik nutqni tanib olish tizimlari, tarixiy ASR arxitekturalari

Tadqiqotda nutq signallarini intellektual tahlil qilishda qo'llaniladigan algoritmlar — MFCC, CNN, RNN, Transformer, Attention, DeepSpeech va HMM — nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilindi[4]. Har bir algoritmi nutqni qayta ishlashning ma'lum bosqichida samarali bo'lib, o'ziga xos afzallik va cheklavlarga ega. Xulosa qilib aytganda, nutq signalini samarali tahlil qilish uchun bosqichma-bosqich yondashuvlardan kompleks foydalanish zarur. Ushbu yondashuvlar o'zbek tilidagi ovozli texnologiyalarni rivojlantirishda muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Mehrish, A., Majumder, N., Bhardwaj, R., Mihalcea, R. va Poria, S. (2023) *A Review of Deep Learning Techniques for Speech Processing*. arXiv preprint. Available at: <https://arxiv.org/abs/2305.00359>
2. Gautam, A., Zope, A., Kaslikar, B. va Pednekar, M. (2024) *Enhancing Security with Hidden Markov Model Speech-to-Text Authentication*. SSRN Electronic Journal. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4825548>
3. Mozilla (2020) *DeepSpeech: An open source embedded speech-to-text engine*. GitHub Repository. Available at: <https://github.com/mozilla/DeepSpeech>
4. Ristea, N.C., Ionescu, R.T., Khan, F.S., Popescu, M. va Shahbaz Khan, F. (2022) *SepTr: Separable Transformer for Audio Spectrogram Processing*. Interspeech 2022, pp. 3653–3657. Available at: <https://arxiv.org/abs/2203.15760>