ISSN: 2181-4341, IMPACT FACTOR (RESEARCH BIB) – 9.145, SJIF – 5,431

O'rinboyeva Sayyora Aminboy qizi

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti,

Elektronika va avtomatika muhandisligi fakulteti,

"Tibbiy biologik apparatlar, tizimlar va majmualar"

mutaxassisligi bo'yicha 2-kurs magistranti

O'PKA KASALLIKLARINI TOVUSHLAR YORDAMIDA TAHLIL QILISH METOD VA ALGORITMLARI

Annotatsiya (uzbek tilida). Maqolada o'pka kasalliklarini aniqlash uchun nafas olish tovushlarini tahlil qilish usullari va algoritmlari raqamli signalni qayta ishlash hamda mashinali o'qitish asosida o'rganilgan. Standartlashtirilgan yozib olish, shovqinlarni kamaytirish, belgilarni (xususiyatlarni) ajratib olish, klassifikatsiya va klinik talqin bosqichlarini o'z ichiga olgan uzluksiz (skvoz) sxema taklif etilgan. Turli xil belgilarni integratsiya qilish va qaror qabul qilish ishonchliligini oshirish uchun talqin qilinadigan modellarni qo'llash ilmiy yangilik sifatida asoslab berilgan.

Аннотация (на русском языке). В статье исследованы методы и алгоритмы анализа дыхательных звуков для выявления заболеваний легких на основе цифровой обработки сигналов и машинного обучения. Предложена сквозная схема: стандартизированная регистрация, подавление шумов, извлечение признаков, классификация и клиническая интерпретация. Обоснованиа научная новизна интеграции разнородных признаков и применение интерпретируемых моделей для повышения надежности принимаемых решений.

Annotation (in English). The article investigates methods and algorithms for the analysis of respiratory sounds to detect lung diseases based on digital signal processing and machine learning. A complete pipeline is proposed, including standardized acquisition, noise suppression, feature extraction, classification, and clinical interpretation. The scientific novelty is justified by the integration of heterogeneous features and the application of interpretable models to improve the reliability of decision-making.

Kalit so'zlar (uzbek tilida). nafas tovushlari, auskultatsiya, shovqinni filtrlash, xususiyat ajratish, mashinaviy o'rganish, izohlanadigan sun'iy intellekt, differensial diagnostika

Ключевые слова (на русском языке). дыхательные звуки, аускультация, шумоподавление, извлечение признаков, машинное обучение, интерпретируемый искусственный интеллект, дифференциальная диагностика

Keywords (in English). respiratory sounds, auscultation, denoising, feature extraction, machine learning, explainable AI, differential diagnosis

O'pka kasalliklari diagnostikasida auskultatsiya klinik amaliyotning eng qadimiy va ommabop usullaridan biri bo'lib qolmoqda, biroq uning samaradorligi shifokor tajribasi, eshitish sezgirligi, sharoit shovqini va stetoskopning texnik xususiyatlariga kuchli darajada bog'liq.

So'nggi yillarda raqamli stetoskoplar va portativ yozish qurilmalari tufayli nafas tovushlarini standartlashtirilgan tarzda qayd etish imkoniyati kengaydi, bu esa ob'ektiv algoritmik tahlil uchun sharoit yaratdi. Shu bilan birga, o'pka patologiyalarining spektri kengligi, bir-biriga o'xshash akustik ko'rinishlar, komorbid holatlar hamda ko'krak qafasi anatomik farqlari tufayli tovush asosida tashxis qo'yish masalasi oddiy tasniflash muammosidan ko'ra murakkabroq bo'lib, u klinik kontekst, yozuv sifati va modelning izohlanishini uyg'unlashtiradigan metodologiyani talab qiladi. Ilmiy adabiyotlarda xirillash, krepitatsiya, bronxial nafas, hushtaksimon tovushlar kabi fenomenlar akustik belgilarga ega ekani ko'rsatilgan bo'lsa-da, ularni avtomatik aniqlashda umumlashuv muammosi saqlanib qolmoqda [1]. Shu sababli ushbu maqolaning maqsadi nafas tovushlari asosida o'pka kasalliklarini tahlil qilishning metod va algoritmlarini klinik talablar bilan mos holda tizimlashtirish, shovqinga barqaror raqamli qayta ishlash zanjirini asoslash hamda izohlanadigan tasniflash yondashuvlarini taklif etishdan iborat.

Metodologik nuqtai nazardan tovush orqali tahlil qilish uchta o'zaro bog'langan bosqichni o'z ichiga oladi: ma'lumotni olish va belgilash, signalga ishlov berish va xususiyatlarni ajratish, shuningdek, qaror qabul qilish va klinik talqin.

Birinchi bosqichda eng muhim masala qayd protokolining standartlashuvidir, chunki yozib olish nuqtalari, nafas olish fazalari, bemor holati va qurilma parametrlari o'zgarsa, bir xil patologiya turlicha spektral va vaqt-amplituda ko'rinishida aks etishi mumkin. Amaliy jihatdan 4–6 ta auskultatsiya nuqtasini tanlash, har bir nuqtada kamida 20–30 soniya yozib olish, nafas olish va chiqarishning erkin rejimini saqlash, shuningdek, namunaviy chastotani kamida 8–16 kGs darajada belgilash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Belgilash jarayonida mutaxassislararo moslikni oshirish uchun tovush hodisalarini segment darajasida ko'rsatish, noaniq holatlarni "aralash" toifa sifatida ajratish va klinik tashxisni mustaqil manba, masalan spirometriya yoki radiologik natijalar bilan tasdiqlash zarur [2]. Mahalliy sharoitda esa poliklinika va statsionar muhitida shovqin ko'pligi sababli yozuv sifati muammosi yanada keskinlashadi, shuning uchun protokolga shovqin darajasini baholash va artefaktlarni qayd etish bandini kiritish tavsiya etiladi.

Ikkinchi bosqich, ya'ni signalga ishlov berish nafas tovushlarining fizik tabiatidan kelib chiqadigan cheklovlarni hisobga olishi kerak. Nafas tovushlari nisbatan past amplitudali bo'lib, yurak tovushlari, nutq, kiyim ishqalanishi va atrof-muhit shovqinlari bilan aralashadi. Shu sababli oldindan qayta ishlashda polosali filtrlash, adaptiv shovqin kamaytirish va segmentatsiya asosiy o'rin tutadi. Polosali filtrlashda odatda 50–2000 Gs oralig'i diagnostik jihatdan informativ bo'lib, juda past chastotalar yurak komponenti bilan, juda yuqori chastotalar esa asosan shovqin bilan bog'lanadi. Biroq hushtaksimon tovushlar yuqoriroq spektrda namoyon bo'lishi mumkinligi sababli yuqori chegarani moslashtirish lozim. Yurak tovushlarini ajratishda vaqt-domenidagi periodiklik va energiya cho'qqilaridan foydalanish, shuningdek, mustaqil komponentlar tahlili kabi ajratish usullarini qo'llash mumkin, biroq bu usullar nafas ritmi o'zgaruvchan bo'lgan bemorlarda barqaror natija bermasligi ehtimoli mavjud. Shovqinni kamaytirishda spektral subtraktsiya va Viner filtri kabi klassik yondashuvlar oddiy va tez ishlasa-da, klinik yozuvlarda shovqin stasionar bo'lmaganligi sababli chuqur o'rganishga asoslangan denoising avtokoderlari yoki vaqt-chastota maskalash modellari ko'proq istiqbolli ko'rinadi [3]. Shu bilan birga, denoising bosqichi diagnostik belgilarning o'zini ham "silliqlab" yuborishi xavfi bor, shuning uchun filtrlashdan keyingi signalning auskultativ talqini mutaxassis ishtirokida tekshirilishi, algoritm parametrlari esa klinik maqsadga mos kalibrlanishi zarur.

Xususiyat ajratish masalasi nafas tovushlarining murakkab, ko'p komponentli tuzilmasi bilan bevosita bog'liq. Vaqt-domen xususiyatlari (energiya, nol kesishlar soni, entropiya), chastota-domen xususiyatlari (spektral markaz, spektral qiyalik, polosalar bo'yicha quvvat), vaqt-chastota xususiyatlari (STFT-spektrogramma, Mel-spektrogramma, to'lqincha koeffitsiyentlari) o'zaro to'ldiruvchi axborot beradi. Masalan, xirillash ko'pincha davomli, nisbatan tor polosali

komponentlar bilan; krepitatsiya esa qisqa impulslar ketma-ketligi bilan tavsiflanadi, bu esa to'lqincha tahlili va vaqt bo'yicha siyraklik ko'rsatkichlarining foydasini oshiradi. MFCC kabi nutqdan olingan xususiyatlar nafas tovushlarini umumiy tavsiflashda ishlatiladi, biroq ularning fiziologik izohi cheklangan bo'lishi mumkin, shuning uchun klinik izohlanish uchun spektral cho'qqilar va polosalar bo'yicha energiya nisbatlari kabi aniqroq belgilarni ham qo'shish maqsadga muvofiq [4].

Ilmiy izlanishning ilmiy yangiligi sifatida ko'p manbali xususiyatlar integratsiyasi, ya'ni vaqt-chastota xaritalari asosidagi chuqur xususiyatlar bilan bir qatorda fiziologik ma'noga ega qo'lda tuzilgan ko'rsatkichlarni bir modelga birlashtirish yondashuvi asoslanadi; bunda modelning umumlashuvi ham, klinik talqini ham yaxshilanadi.

Qaror qabul qilish bosqichida algoritm tanlovi ma'lumot hajmi, sinflar muvozanati va klinik vazifaga bog'liq. Kichik va o'rta hajmdagi ma'lumotlarda tayanch vektor mashinasi, tasodifiy o'rmon va gradient boosting kabi usullar barqaror natija ko'rsatishi mumkin, ayniqsa xususiyatlar muhandisligi puxta bajarilganda [5].

Katta ma'lumotlarda esa konvolyutsion neyron tarmoqlar spektrogramma tasvirlaridan bevosita o'rganib, murakkab naqshlarni ushlashga qodir, biroq ular domen siljishi muammosiga sezgir: bir klinikadan olingan yozuvlarda o'rgatilgan model boshqa qurilma yoki boshqa muhitdagi yozuvlarda aniqligi pasayishi mumkin. Shuning uchun domen moslashtirish, ma'lumot augmentatsiyasi va kalibrlangan ehtimollik baholari zarur.

Klinika uchun faqat "kasallik bor-yo'q" tasnifi yetarli emas; differensial diagnostika va og'irlik darajasi bo'yicha riskni baholash talab etiladi. Buni ko'p sinfli tasnif, ierarxik qaror daraxti yoki ko'p vazifali o'rganish orqali tashkil etish mumkin. Masalan, avval normal va patologik yozuvlarni ajratish, keyin patologiyani obstruktiv va restriktiv tiplar bo'yicha guruhlash, so'ng aniq nosologiyalar ehtimolini baholash klinik tafakkurga yaqinroq bo'ladi. Bunday tuzilma noto'g'ri ijobiy natijalarni kamaytirishga yordam beradi, chunki birinchi bosqich sezgirlikka, keyingi bosqichlar esa xoslikka yo'naltiriladi.

Izohlanadigan sun'iy intellekt yondashuvlari klinik qabul qilish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega, chunki shifokor qaror sababini ko'rmasa, algoritmga ishonch pasayadi. Spektrogramma bo'yicha e'tibor xaritalari, SHAP yoki LIME (Mashinali o‘rganish (machine learning) modellari qanday qaror chiqarganini tushuntirish uchun ishlatiladigan izohlash (explainability) usullari. Ya’ni model nimaga asoslanib natija berganini ko‘rsatishga yordam beradi.) kabi xususiyat hissasi tahlillari model nimaga tayanganini ko'rsatadi, ammo ular ham noto'g'ri talqin qilinishi mumkin. Shuning uchun izohlanish ikki darajada ta'minlanishi kerak: birinchi darajada, signalning qaysi qismlari va qaysi chastotalar muhim bo'lganini vizual ko'rsatish; ikkinchi darajada esa klinik terminlar bilan bog'lash, ya'ni aniqlangan komponent hushtaksimon tovushmi yoki krepitatsiyami degan savolga javob beradigan hodisa detektorlarini kiritish.

Maqolada taklif etilayotgan konsepsiya shundan iboratki, tasniflovchi model bilan birga hodisa-segmentatsiya moduli parallel ishlaydi va yakuniy qaror "qaysi hodisalar ko'rildi, ular qaysi fazada va qaysi nuqtada qayd etildi" degan izoh bilan beriladi; bu klinik protokolga o'xshash mantiqiy zanjirni yaratadi. Bunday yondashuv nafaqat shaffoflikni oshiradi, balki ma'lumot belgilash sifatini ham yaxshilaydi, chunki ekspertlar segmentlar bo'yicha fikr bildirishi osonlashadi.

Baholash mezonlari masalasida oddiy aniqlik ko'rsatkichi klinik xavflarni to'liq aks ettirmaydi, ayniqsa sinflar nomutanosib bo'lsa. Sezgirlik va xoslik, F1, ROC-AUC (mashinali

o‘rganish modelining sifatini baholash uchun ishlatiladigan metrikalar. Ya’ni model qanchalik yaxshi ishlayotganini ko‘rsatadi) bilan birga, bemor darajasidagi baho, ya'ni bir nechta auskultatsiya nuqtalaridan olingan qarorlarni birlashtirib yakuniy xulosa chiqarish muhim. Shuningdek, kross-valitatsiyada bir bemorning segmentlari trening va testga aralashib ketmasligi kerak, aks holda modelning haqiqiy umumlashuvi oshirib baholanadi. Klinik joriy etish uchun esa prospektiv sinov, qurilmalararo tekshiruv va shifokor bilan hamkorlikdagi "inson va algoritm" rejimida samaradorlikni solishtirish zarur.

Mahalliy sog'liqni saqlash tizimi sharoitida portativ skrining yechimlari ayniqsa dolzarb bo'lib, ular birlamchi bo'g'inda pnevmoniya, KOAH (Kronik Obstruktiv O‘pka Kasalligi) yoki bronxial astma kabi holatlarda tezkor yo'naltirishga xizmat qilishi mumkin [6]. Biroq bunday tizimlar tashxis qo'yuvchi yakuniy vosita emas, balki qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi tizim sifatida ko'rilishi, mas'uliyat va etik me'yorlar aniq belgilanishi kerak.

Xulosa qilib aytganda, o'pka kasalliklarini nafas tovushlari orqali tahlil qilish uchun klinik jihatdan maqbul yechim protokol darajasida standartlashtirilgan yozib olishni, shovqinga barqaror oldindan qayta ishlashni, vaqt-chastota va fiziologik ma'noga ega xususiyatlarni birlashtirgan modellashni hamda izohlanadigan qaror chiqarishni bir butun tizim sifatida uyg'unlashtirishi lozim. Taklif etilgan yondashuvning asosiy natijasi shundaki, u domen siljishi va shovqin muammolarini faqat model murakkabligini oshirish orqali emas, balki ma'lumot sifati, xususiyatlarning ma'noliligi va klinik talqin zanjiri orqali kamaytiradi. Kelgusida bunday tizimlarni mahalliy klinik ma'lumotlar asosida validatsiya qilish, ko'p markazli to'plamlar yaratish va skriningdan tashxisgacha bo'lgan yo'lni klinik ish jarayoniga mos integratsiya qilish ilmiy va amaliy ahamiyatga ega yo'nalish sifatida ko'riladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Loudon R. G. The Lung Sounds: Clinical and Physiological Significance. Boca Raton: CRC Press, 2013. 296 p.

2. Sovijarvi A. R. A., Vanderschoot J., Earis J. E. Standardization of computerized respiratory sound analysis. European Respiratory Review. Lausanne: European Respiratory Society, 2000. Vol. 10, No. 77. P. 585–649.

3. Cohen M. I., Berstein M. Respiratory sound denoising and separation methods: a review. IEEE Reviews in Biomedical Engineering. New York: IEEE, 2021. Vol. 14. P. 1–16.

4. Pramono R. X. A., Imtiaz S. A., Rodriguez-Villegas E. Automatic identification of adventitious respiratory sounds using deep learning: a systematic review. PLoS ONE. San Francisco: Public Library of Science, 2019. Vol. 14, No. 12. P. 1–24.

5. Громов А. В. Цифровая обработка биомедицинских сигналов: методы и приложения. Москва: Техносфера, 2018. 432 с.

6. Abduvaliyev A. A., Raximov B. S. Tibbiy axborot tizimlarida intellektual tahlil usullari. Toshkent: O'zbekiston, 2020. 208 b.

7. Ikramov, S. N. (2024). Badiiy asarlar asosida rejissorlik etyudi yaratishning o ‘ziga hosligi. Oriental Art and Culture, 5(1), 111-117.

8. Abdurasulovna, K. I., Ergashevich, Y. K., & Abdukhalilovich, S. A. (2018). Horizons and challenges of the silver nanoparticles application in the practical medicine. European science review, (7-8), 122-127.

9. Kamilova, I. A., Pakhomova, J. E., & Nadjmutdinova, D. K. (2020). Analysis of the role of 1G/2G polymorphism in the MMP1 gene in the development and clinical course of cervical intraepithelial neoplasia. European Journal of Molecular and Clinical Medicine, 7(2), 850-859.

10. Dilbar, N., Iroda, K., & Umida, S. (2022). The role of molecular genetic markers in the clinical course of cervical intraepithelial neoplasia.

11. Kamilova, I., & Umarov, A. (2025). The Role of Lipid Peroxidation and Activity of The Blood Antioxidant System in The Development of Postpartum Endometritis and Their Prognostic Significance. International Journal of Medical Sciences And Clinical Research, 5(05), 96-104.

12. Abdurasulovna, K. I. (2021, October). Effect Of A Combination Of Polymorphic Locus Of Genes For Detoxification Of Enzymes Of Estrogen Metabolism In The Risk Of Cervical Neoplasia. In The 8th International scientific and practical conference “Results of modern scientific research and development”(October 17-19, 2021) Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2021. 523 p. (p. 51).

13. Kamilova, I. A. (2020). Individual prediction of the development of cervical intraepithelial neoplasia in women to medical and social risk factors. Toshkent tibbiyot akademiyasi axborotnomasi, (1), 112-115.