ҚУЛОҚ ТАСВИРИ АСОСИДА ШАХСНИ ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАШДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН МАЪЛУМОТЛАР БАЗАЛАРИНИНГ ҚИЁСИЙ ТАҲЛИЛИ

Маматов Нарзилло Солиджонович[1], Абдуллаева Барно Мўйдинжон қизи[1,2], Бахтиёрова Моҳирўй Шерзод қизи[1]

[1] “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети
Рақамли технология ва сунъий интеллект кафедраси
[2] “Наманган давлат университети” таянч докторанти
E-mail: baxtiyorovamohiruy@gmail.com

DOI: ***https://doi.org/10.5281/zenodo.23812373***

Аннотация. *Мазкур тезисда қулоқ тасвири асосида шахсни биометрик идентификациялаш масалаларида қўлланиладиган маълумотлар базалари қиёсий таҳлил қилинади. Таҳлилда маълумотлар базасининг ҳажми, субъектлар сони, тасвирларни олиш шароити, тасвир сифати ва ўзгарувчанлиги, фойдаланиш шартлари ҳамда идентификациялаш алгоритмларини ўқитиш ва синовдан ўтказишдаги яроқлилиги асосий мезонлар сифатида қабул қилинди. EarVN1.0, AMI Ear Database, IIT Delhi Ear Database, UniDataPro Ear Detection Dataset ва муаллифлар томонидан шакллантирилган реал шароитдаги маълумотлар базасининг хусусиятлари тизимлаштирилди. Ўтказилган таҳлил назоратли ва назоратсиз шароитларда шакллантирилган маълумотлар базаларининг бир-бирини тўлдиришини ҳамда уларни тадқиқот мақсадига мувофиқ танлаш зарурлигини кўрсатади.*

Калит сўзлар: *қулоқ биометрияси, биометрик идентификациялаш, маълумотлар базаси, EarVN1.0, AMI Ear Database, IIT Delhi Ear Database, чуқур ўқитиш, қиёсий таҳлил.*

Аннотация. *В данных тезисах проводится сравнительный анализ баз данных, применяемых в задачах биометрической идентификации личности по изображению уха. В качестве основных критериев анализа приняты объём базы данных, количество субъектов, условия получения изображений, качество и вариативность изображений, условия использования, а также пригодность для обучения и тестирования алгоритмов идентификации. Систематизированы характеристики баз EarVN1.0, AMI Ear Database, IIT Delhi Ear Database, UniDataPro Ear Detection Dataset и базы данных, сформированной авторами в реальных условиях. Проведённый анализ показывает, что базы данных, сформированные в контролируемых и неконтролируемых условиях, дополняют друг друга, и их выбор необходимо осуществлять в соответствии с целью исследования.*

Ключевые слова: *биометрия уха, биометрическая идентификация, база данных, EarVN1.0, AMI Ear Database, IIT Delhi Ear Database, глубокое обучение, сравнительный анализ.*

Abstract. *This thesis presents a comparative analysis of databases used for biometric person identification based on ear images. Database size, number of subjects, image acquisition conditions, image quality and variability, terms of use, and suitability for training and testing identification algorithms were adopted as the main evaluation criteria. The characteristics of*

EarVN1.0, AMI Ear Database, IIT Delhi Ear Database, UniDataPro Ear Detection Dataset, and a real-world database collected by the authors are systematized. The analysis shows that databases collected under controlled and uncontrolled conditions complement each other and should be selected in accordance with the research objective.

Keywords: *ear biometrics, biometric identification, database, EarVN1.0, AMI Ear Database, IIT Delhi Ear Database, deep learning, comparative analysis.*

КИРИШ

Биометрик идентификациялаш тизимларида шахсга хос физиологик белгиларни автоматик таҳлил қилиш ишончли аутентификация ва идентификацияни таъминлашнинг муҳим йўналишларидан бири ҳисобланади. Юз, бармоқ изи ва кўз қорачиғи билан бир қаторда қулоқ чаноғи шакли ҳам индивидуал морфологик хусусиятларга эга бўлган, контакт талаб қилмайдиган биометрик белги сифатида ўрганилмоқда [1]. Қулоқ тасвирларини масофадан олиш мумкинлиги, юз мимикасига бевосита боғлиқ эмаслиги ва анатомик тузилишининг нисбатан барқарорлиги уни компьютерли кўриш асосидаги идентификациялаш масалалари учун истиқболли объектга айлантиради.

Қулоқ тасвири асосида таниб олиш алгоритмларининг самарадорлиги фақат танланган моделга эмас, балки ўқитиш ва баҳолашда фойдаланиладиган маълумотлар базасининг хусусиятларига ҳам бевосита боғлиқ. Назоратли муҳитда олинган бир хил сифатдаги тасвирлар алгоритмнинг базавий имкониятларини баҳолашга қулай бўлса, назоратсиз шароитда йиғилган тасвирлар ёритилиш, бурилиш, масштаб, окклюзия ва ажратувчанлик ўзгаришларига нисбатан умумлаштириш қобилиятини текшириш имконини беради. Шу сабабли маълумотлар базасини танлаш идентификациялаш тизими методологиясининг ажралмас қисми ҳисобланади.

Тезиснинг мақсади қулоқ биометриясида қўлланиладиган асосий маълумотлар базаларини ягона мезонлар асосида тавсифлаш, уларнинг кучли ва чекланган жиҳатларини аниқлаш ҳамда турли тажриба сценарийлари учун мақсадга мувофиқ фойдаланиш йўналишларини асослашдан иборат.

Маълумотлар базасини танлаш мезонлари

Қулоқ тасвирлари маълумотлар базаларини баҳолашда бир нечта ўзаро боғлиқ мезонларни ҳисобга олиш зарур. Биринчи мезон - субъектлар ва тасвирлар сони. Катта ҳажмдаги базалар чуқур нейрон тармоқларни ўқитиш ва моделнинг умумлаштириш хусусиятини баҳолаш учун муҳим. Иккинчи мезон - тасвирларни олиш шароити. Назоратли базаларда камера, масофа ва ёритиш параметрлари нисбатан барқарор бўлади; назоратсиз базаларда эса реал муҳитга хос ўзгарувчанлик мавжуд. Учинчи мезон - субъект бошига тасвирлар сони ва ракурслар хилма-хиллиги. Тўртинчи мезон - маълумотлардан фойдаланиш ҳуқуқи ва лицензия шартлари. Бешинчи мезон - базанинг танланган вазифага, яъни идентификация, верификация, детекция, сегментация ёки мультимодал бирлаштиришга мослигидир.

Шунга кўра, алгоритмнинг назоратли шароитдаги базавий аниқлигини баҳолаш учун бир хил суратга олиш протоколига эга базалар, турли ташқи омилларга чидамлиликни текшириш учун эса назоратсиз шароитда шакллантирилган базалар афзал ҳисобланади. Халқаро натижалар билан қиёслаш учун кенг қўлланиладиган бенчмарк базаларидан

фойдаланиш, амалий тизимни баҳолаш учун эса реал эксплуатация шароитига яқин мустақил маълумотлар тўпламини шакллантириш мақсадга мувофиқ.

Таҳлил қилинган маълумотлар базалари

EarVN1.0. Мазкур маълумотлар базаси Ho Chi Minh City Open University тадқиқотчиси Vinh Truong Hoang томонидан шакллантирилган ва Mendeley Data платформасида эълон қилинган [2]. Унинг 4-версиясида 164 нафар шахсга тегишли 28 412 дан ортиқ қулоқ тасвири мавжуд. Тасвирларда ракурс, масштаб, ёритилиш, окклюзия, ажратувчанлик ва умумий суратга олиш шароитлари бўйича сезиларли хилма-хиллик кузатилади. Шу сабабли EarVN1.0 назоратсиз шароитларда моделнинг умумлаштириш қобилиятини баҳолаш, чуқур ўқитиш моделларини ўқитиш ва классификация масалаларида фойдаланиш учун муҳим манба ҳисобланади. База CC BY-NC 3.0 лицензияси остида тарқатилади ва тижорат мақсадида фойдаланиш чекланган.

AMI Ear Database. Ушбу база Universidad de Las Palmas de Gran Canaria ҳузуридаги CTIM марказида шакллантирилган [3]. У 100 нафар субъектнинг жами 700 та тасвиридан иборат бўлиб, ҳар бир субъект учун 7 тадан тасвир мавжуд: олтита ўнг қулоқ ва битта чап қулоқ тасвири. Тасвирлар ёпиқ хонада, бир хил ёритиш шароитида Nikon D100 камераси ёрдамида олинган ва 492×702 пиксел ўлчамга эга. Бир неча бош ҳолатлари ва турли фокус масофаларининг мавжудлиги ракурс ўзгаришига чидамлиликни баҳолаш имконини беради. База илмий фойдаланиш учун очиқ бўлиб, Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 3.0 лицензияси билан тақдим этилади.

IIT Delhi Ear Database. IIT Delhi Biometrics Research Laboratory томонидан йиғилган мазкур база қулоқ биометрияси бўйича кенг қўлланиладиган бенчмарк тўпламлардан биридир [1, 4]. Асосий версияда 121 нафар субъектга тегишли 471 та тасвир мавжуд; тасвирларнинг асл ўлчами 272×204 пиксел бўлиб, 50×180 пиксел ўлчамдаги автоматик нормаллаштирилган ва кесилган нусхалари ҳам тақдим этилади. Шунингдек, расмий саҳифада 212 фойдаланувчи ва 754 та тасвирдан иборат кенгайтирилган тўплам мавжудлиги кўрсатилган. База академик тадқиқотлар учун сўров асосида тақдим этилади ва тижорат мақсадида фойдаланиш тақиқланган. Ушбу база натижаларни халқаро адабиётдаги классик қулоқ таниб олиш ёндашувлари билан қиёслаш учун айниқса муҳим.

UniDataPro Ear Detection Dataset. Hugging Face платформасида ушбу тўпламнинг чекланган намуна қисми тақдим этилган бўлиб, унда 15 синфга тегишли 105 та тасвир мавжуд [5]. Тўплам тавсифномасида тўлиқ тижорат тўплами 2 000 ноёб шахсга тегишли 14 000 дан ортиқ қулоқ тасвирини, мос юз тасвирлари ва айрим метамаълумотларни ўз ичига олиши қайд этилган. Очиқ намуна қисми CC BY-NC-ND 4.0 лицензияси билан белгиланган, тўлиқ маълумотлар эса етказиб берувчи орқали тижорат асосида олинади. Шу боис ушбу база очиқ илмий бенчмаркдан кўра маълумотлар структурасини кўриш ва қўшимча синов намуналарини баҳолаш учун кўпроқ мос келади.

Муаллифлар томонидан шакллантирилган реал шароитдаги база. Тадқиқот доирасида университет шароитида мустақил йиғилган маълумотлар тўплами ҳам қўлланилади [6]. Мавжуд ишчи тавсифга кўра, база 110 га яқин субъект папкасини ва 758 та хом камера тасвирини ўз ичига олади. Автоматлаштирилган қайта ишлаш жараёнида BiSeNet асосидаги семантик сегментация ёрдамида 1 110 та қулоқ соҳаси ажратиб олинган

ва сифат бўйича фильтрлаш бажарилган. Ушбу базанинг асосий устунлиги тасвирларнинг реал, назоратсиз ва профессионал бўлмаган суратга олиш шароитларини акс эттиришидир. Айрим субъектлар учун юз ва қулоқ тасвирларининг жуфт ҳолда мавжудлиги мультимодал биометрик тажрибаларни ташкил этиш имконини беради. Бироқ базадан ташқи тадқиқотчилар фойдаланиши учун кириш тартиби, розилик ҳужжатлари ва фойдаланиш шартлари алоҳида расмийлаштирилиши лозим.

Базаларнинг қиёсий таҳлили

Таҳлил қилинган базаларнинг асосий кўрсаткичлари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Қулоқ тасвирлари маълумотлар базаларининг қиёсий тавсифи

Маълумотлар базаси	Субъектлар	Тасвирлар	Шароит	Фойдаланиш ҳолати	Асосий тадқиқот вазифаси
EarVN1.0	164	28 412+	Назоратсиз, катта ўзгарувчанлик	CC BY-NC 3.0	Чуқур ўқитиш, умумлаштириш ва табиий шароитдаги синов
AMI Ear Database	100	700	Назоратли, ёпиқ хона	CC BY-NC-ND 3.0	Ракурсга чидамлилик ва назоратли бенчмарк
IIT Delhi Ear Database	121; кенгайтирилган 212	471; кенгайтирилган 754	Назоратли, ёпиқ хона	Академик сўров; тижоратга тақиқ	Халқаро қиёслаш ва классик бенчмарк
UniDataPro Ear Detection Dataset	15 (намуна); 2 000 (тўлиқ)	105 (намуна); 14 000+ (тўлиқ)	Аралаш	Намуна: CC BY-NC-ND 4.0; тўлиқ: тижорат	Қўшимча синов ва маълумотлар структураси
Муаллифлар базаси	≈110	758 хом; 1 110 ажратилган қулоқ соҳаси	Реал, назоратсиз	Ички тадқиқот базаси	Амалий синов ва юз–қулоқ мультимодал тадқиқоти

Қиёсий таҳлил шуни кўрсатадики, маълумотлар базасининг катта ҳажмли бўлиши автоматик равишда юқори илмий қийматни англатмайди. Назоратли AMI ва IIT Delhi базалари алгоритм компонентларини барқарор шароитда қиёслаш учун қулай, бироқ улар реал муҳитдаги мураккабликларни чекланган даражада ифодалайди [3, 4]. EarVN1.0 эса тасвирлар сони ва ташқи шароитлар хилма-хиллиги билан чуқур ўқитиш моделларининг

умумлаштириш қобилиятини баҳолашга мос [2]. Мустақил йиғилган реал база эса амалий эксплуатацияга яқин шароитда текшириш ва юз-қулоқ модалликларини биргаликда таҳлил қилиш имконини беради. Шунинг учун бир хил алгоритмни бир нечта турдаги базаларда текшириш натижаларнинг ишончлилиги ва ташқи валидлигини оширади.

ХУЛОСА

Қулоқ тасвири асосида шахсни идентификациялашда маълумотлар базасини танлаш алгоритмни ишлаб чиқиш ва баҳолаш жараёнининг асосий методологик босқичларидан биридир. Ўтказилган қиёсий таҳлилга кўра, EarVN1.0 катта ҳажм ва назоратсиз шароитлар хилма-хиллиги сабаб чуқур ўқитиш ҳамда умумлаштириш тажрибалари учун, AMI Ear Database ва IIT Delhi Ear Database эса стандартлаштирилган қиёсий синовлар учун мақсадга мувофиқ. UniDataPro тўпламининг очиқ намуна қисми мустақил асосий бенчмарк сифатида етарли эмас, бироқ қўшимча визуал ва структуравий таҳлил учун фойдаланилиши мумкин. Муаллифлар томонидан йиғилган реал шароитдаги база эса тизимнинг амалий барқарорлигини ва мультимодал юз-қулоқ ёндашувларини баҳолаш учун аҳамиятлидир. Энг ишончли экспериментал дизайн назоратли, назоратсиз ва реал шароитдаги базаларни биргаликда қўллашга асосланади.

Бундан ташқари, кўриб чиқилган очиқ маълумотлар базаларидан олий таълим муассасаларида сунъий интеллект, компьютерли кўриш ва биометрик тизимлар фанларини ўқитишда амалий ва лаборатория машғулотлари учун ўқув материали сифатида фойдаланиш тавсия этилади. Бу талабаларнинг маълумотлар билан ишлаш, моделларни ўқитиш ва баҳолаш бўйича рақамли компетенцияларини шакллантиришга хизмат қилади.

Фойдаланилган адабиётлар

1. Kumar A., Wu C. Automated human identification using ear imaging // Pattern Recognition. - 2012. - Vol. 45, № 3. - P. 956–968. DOI: 10.1016/j.patcog.2011.06.005.

2. Truong Hoang V. EarVN1.0 [Data set] // Mendeley Data. - Version 4. - 2020. DOI: 10.17632/yws3v3mwx3.4.

3. Gonzalez E., Alvarez L., Mazorra L. AMI Ear Database. - Centro de I+D de Tecnologías de la Imagen, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

4. IIT Delhi Ear Database. – Biometrics Research Laboratory, Indian Institute of Technology Delhi.

5. UniDataPro. Ear Detection Dataset: 14,000+ Images. - Hugging Face Datasets (limited public preview).

6. Муаллифлар томонидан шакллантирилган қулоқ тасвирлари маълумотлар базаси. - “ТИҚХММИ” Миллий тадқиқот университети, 2026.