ISSN: 3030-3346

ЮЗ ВА ҚУЛОҚ ТАСВИРЛАРИ АСОСИДА МУЛЬТИМОДАЛ БИОМЕТРИК ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАШ АЛГОРИТМИ

Маматов Нарзилло Солиджонович[1], Самижонов Абдурашид Нарзулло ўғли[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: abdullayevabarno1994@gmail.com

K E Y W O R D S

юзни таниб олиш, қулоқни таниб олиш, мультимодал биометрия, eigenface, eigenear, PCA

A B S T R A C T

Мазкур мақола шахсни юз ва қулоқ тасвирлари асосида уни идентификациялаш учун автоматлаштирилган мультимодал биометрик тизимни ишлаб чиқишга бағишланган бўлиб, унда юз ва қулоқни аниқлаш учун тайёр ўқитилган аниқлаш тизимида амалга оширилади. Ишда юз ва қулоқ бўйича алоҳида таниб олиш кўрсаткичлари ва уларни бирикмалари асосида таниб олиш натижалари таҳлил қилинган ҳамда автоматлаштирилган мультимодал биометрик тизим сезиларли даражада юқори самарадорликка эришиши кўрсатиб ўтилган. Шунингдек, биометрик маълумотларни бириктириш усуллари ва уларни ҳар бири орқали эришилган таниб олиш кўрсаткичлари тадқиқ этилган.

Кириш

Юз биометрияси шахсни автоматик таниб олишда энг кенг қўлланиладиган усуллардан бири бўлиб, у контактсиз идентификациялашни таъминлаши, махсус қурилмаларни талаб этмаслиги ва мавжуд кузатув камералари билан осон интеграциялангани учун амалиётда кенг тарқалган. Бироқ, юз тасвирлари ёритиш шароити, бошни бурилиши, мимика, ниқоб, кўзойнак ва қисман ёпилиш каби омилларга ўта сезгир бўлиб, улар таниб олиш аниқлигига салбий таъсир кўрсатади. Қулоқ биометрияси эса инсон ҳаёти давомида нисбатан барқарор морфологик тузилишга эга бўлиб, у ёш ўтиши билан кам ўзгаради ва у юз ифодасига боғлиқ эмас [1]. Бунда қулоқ тасвирларини соч, бош кийим ёки тасвирга олиш бурчаги таъсирида қисман тўсилишини ҳам инобатга олиш зарур. Шундай бўлсада, ҳар бир биометрик модалликни ўзига хос ютуқ ва камчиликлари мавжуд. Бу каби муаммоларни бартараф этишни самарали йўналишларидан бири мультимодал биометрик тизимлардан фойдаланиш ҳисобланади [2]. Мультимодал ёндашувда икки ёки ундан ортиқ мустақил биометрик белгиларни бириктириш орқали тизим ишончлилиги, аниқлиги ва ташқи омилларга нисбатан барқарорлиги оширилади. Хусусан, юз ва қулоқ биометрик белгилари бир-бирини тўлдирувчи хусусиятларга эга бўлиб, уларни биргаликда қўлланилиши ёлғон қабул қилиш ва ёлғон рад этиш кўрсаткичларини камайтириш ҳамда шахсни идентификациялаш сифатини яхшилаш имконини беради.

Шахсни тўлиқ розилигисиз уни таниб олиш имкониятига эга бўлган ишончли идентификациялаш тизими хавфсизлик ва разведка ташкилотлари учун ўта муҳим ҳисобланади. Бу каби тизимлар шахсни маълум бир масофадан таниб олиш имконини бериши шарт. Бунда уни амалий қўлланилиш доирасини ошириш учун таниб олиш инсон аралашувсиз тўлиқ автоматлаштирилган бўлиши талаб этилади. Ана шундай тизимни яратиш мақсадида ушбу ишда юз ва қулоқ тасвирлари асосида шахсни таниб олиш усуллари мультимодал биометрик тизимга бирлаштирилиб, бир модалли тизимларни таниб

(cc) BY

олиш аниқлигини ошириш амалга оширилган.

Юзни таниб олиш компьютерли кўриш ва сунъий интеллект соҳасининг энг кенг тадқиқ этилган йўналишлардан бири бўлганлиги учун ушбу соҳада шахсни таниб олиш учун анъанавий белгиларга асосланган усуллардан тортиб, замонавий чуқур ўқитиш алгоритмларигача бўлган кўплаб ёндашувлар таклиф этилган. Дастлабки тадқиқотларда асосан ташқи кўриниш белгиларини статистик таҳлил қилишга асосланган усуллар қўлланилган бўлиб, уларни энг машҳурларидан бири Eigenface усули ҳисобланади [3]. Мазкур усул бош компонентлар таҳлили (Principal Component Analysis, PCA) асосида тасвир ўлчамини қисқартириш ва информатив белгиларни ажратиш имконини беради. Кейинчалик Fisherface усули [5] синфлараро дисперсияни максималлаштириш ва синф ички дисперсиясини минималлаштириш орқали ёритиш ва ташқи муҳит таъсирларига нисбатан барқарорроқ натижаларни таъминлади. Бундан ташқари, тасвир локал тузилишини тавсифловчи Gabor белгилари [4], Local Feature Analysis (LFA) [6], Local Binary Pattern Histogram (LBPH) [8,20], Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) [9,18] ва Speeded-Up Robust Features (SURF) [10,19] каби белгиларга асосланган усуллар ҳам юзни таниб олишда кенг қўлланилади. Ушбу алгоритмлар ёритиш, масштаб ва бурилиш кабиларга маълум даражада бардошли бўлса-да бироқ, мураккаб фон, қисман ёпилиш ва катта маълумотлар базаларида уларни имкониятлари чекланган дир. Тезкор ва тўлиқ автоматлаштирилган тизимни яратиш мақсадида мазкур тадқиқот ишида таниб олиш аниқлигини сақлаган ҳолда юқори тезликни таъминловчи Eigenface усули танланган. Биометрик идентификациялашни бошқа турларига кўз қорачиғи, қўл, юриш услуби, овоз ва бармоқ изи кабилар киради [7].

Ушбу йўналишда олиб борилган тадқиқотлар мультимодал биометрик идентификациялашни бир модалли тизимларга нисбатан юқори самарадорликка эга эканлигини кўрсатган. Дастлабки тадқиқотларда асосан анъанавий белгиларга асосланган ёндашувлар қўлланилган. Хусусан, Chang ва унинг ҳаммуаллифлари [9] юз ва қулоқ тасвирлари белгиларини ажратишда бош компонентлар таҳлили (PCA) усулини қўллаб, қўлда анатомик нуқталарни белгилаш орқали 111 нафар субъектдан иборат маълумотлар базасида 90 % таниб олиш аниқлигига эришганлар. Rahman ва Ishikawa [10] профиль юз ва қулоқ тасвирларини PCA асосида бирлаштириб, 18 нафар субъект иштирок этган маълумотлар базасида 94,44 % аниқликка эришганлар. Middendorff ва Bowyer [8] эса PCA ва Iterative Closest Point (ICP) алгоритмларини қўллаб, 411 нафар субъектдан ташкил топган маълумотлар базасида 97,8 % таниб олиш аниқлигига эришганлар. Yuan ва унинг ҳаммуаллифлари эса [16] Full-Space Linear Discriminant Analysis (FSLDA) алгоритмини USTB ва ORL маълумотлар базаларида қўллаб, 98,7 % аниқликка эришганлар.

Мазкур мақолани асосий мақсади юз ва қулоқ биометрик белгиларидан фойдаланувчи мультимодал биометрик тизимни ишлаб чиқишдан иборат бўлиб, унда таклиф этилган тизим қўлда аралашувни талаб қилмайди. Тизимни синовдан ўтказиш учун ўзимиз шакллантирган юз тасвирлари базаси ва AMI Эар Датабасе [24] асосидаги қулоқ тасвирлари базасидан фойдаланилди. Ушбу иккита база турли шахслардан иборат бўлгани сабабли, мультимодал таниб олиш тажрибаларини амалга ошириш учун улардаги шахслар вертуал (чимерис) равишда бир-бирига мослаштирилди. Таклиф этилган ёндашув юзни таниб олишда 90,7%, қулоқни таниб олишда 71,2% натижа кўрсатган бўлса, юз ва қулоқ белгиларини бирлаштириш натижасида таниб олиш аниқлиги 98,5% гача оширилди. Бу мультимодал ёндашувнинг бир модалли тизимларга нисбатан сезиларли устунлигини кўрсатади. Автоматлаштириш жараёни ўқитилган юз ва қулоқ детекторлари, объектларни ажратиб олиш, кесиш (cropping) ҳамда дастлабки ишлов бериш босқичларини ўз ичига олади.

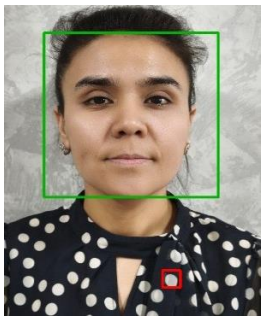
Мақолани 2-бўлимида объектларни аниқлаш масаласи, 3-бўлимида юз ва қулоқ биометрик белгилари, 4-бўлимида юз ва қулоқ маълумотларини бирлаштирувчи мультимодал биометрик таниб олиш тизими ва 5-бўлимида

(cc) BY

тажрибавий маълумотлар ва олинган натижалар келтирилган. Якунда эса умумий хулосалар баён этилган.

Объектларни аниқлаш. Мультимодал биометрик идентификациялаш тизимини дастлабки босқичи юз ва қулоқ тасвирларини автоматик аниқлаш ҳамда қизиқиш соҳаларини (Region of Interest, ROI) ажратиб олишдан иборат. Мазкур босқич белгиларни ажратиб олиш босқичи аниқлиги ва самарадорлигига бевосита таъсир кўрсатади. Агар ROI ёмон аниқланса, у ҳолда информатив белгиларни шакллантириш ва таснифлаш босқичларида хатоликлар юзага келиши мумкин. Мазкур тадқиқотда юз ва қулоқ соҳаларини автоматик аниқлаш учун OpenCV кутубхонаси [11] таркибидаги Haar Cascade классификатори қўлланилди. Haar-ўхшаш (Haar-like) белгиларга асосланган бўлиб, у тасвирда объектга хос ёруғлик ва қоронғу соҳалар орасидаги интенсивлик фарқларини таҳлил қилиш орқали объектларни локализациялайди. Haar-ўхшаш белгилар интеграл тасвир (Integral Image) технологияси ёрдамида ҳисобланади, бу кўп ўлчамли белгилар фазосида реал вақт режимида тезкор ҳисоблаш имконини беради. Объектларни аниқлашда AdaBoost алгоритми орқали энг информатив Haar хусусиятлари танлаб олинади ва улар асосида каскад таснифлагич шакллантирилади. Каскадли тузилиш тасвирни аксарият қисмини тезкор рад этиб, фақат объект мавжуд бўлиши эҳтимоли юқори бўлган соҳаларни навбатдаги босқичларда батафсил таҳлил қилади. Бу эса ҳисоблаш мураккаблигини сезиларли даражада камайтиради ва тизимни ишлаш тезлигини оширади. Мазкур тадқиқотда Haar Cascade алгоритми юз ва қулоқ соҳаларини автоматик аниқлаш учун қўлланилди. Haar-ўхшаш белгиларга асосланган объектларни аниқлаш алгоритми дастлаб Viola ва Jones [12] томонидан таклиф этилган бўлиб, у кейинчалик Lienhart ва Maydt [13] томонидан янги Haar белгилари ва яхшиланган ўқитиш стратегиялари ҳисобига такомиллаштирилган. Бугунги кунда YOLO [21], Faster R-CNN [20] ва RetinaNet [23] каби чуқур ўқитишга асосланган детекторлар кенг қўлланилаётган бўлса-да, Haar Cascade алгоритми соддалиги, юқори ишлаш тезлиги ва ҳисоблаш ресурсларига бўлган паст талаблари сабабли кичик ва ўрта ҳажмли биометрик тизимларда ҳамон долзарблигини сақлаб қолмоқда [24-27]. Шу боис мазкур тадқиқотда юз ва қулоқ соҳаларини тезкор автоматик ажратиб олиш учун айнан ушбу усул танланди.

Юзни аниқлаш. Юзни автоматик аниқлаш учун OpenCV муҳитидаги Haar Cascade классификатори ўқитилди. Детекторни шакллантиришда 2300 та юз тасвирлари мавжуд ва 4250 та юз мавжуд бўлмаган тасвир намуналаридан фойдаланилди. Юз мавжуд намуналарни барчаси 48×48 пиксел ўлчамга нормаллаштирилган, чунки тажрибалар ушбу ўлчам ҳисоблаш тезлиги ва аниқлик орасидаги энг мақбул мувозанатни таъминлашини кўрсатди. Ўқитилган Haar Cascade детектори тест тасвирларида юзларни юқори аниқлик билан локализациялади. Бироқ, айрим ҳолларда фон элементлари ёки ташқи объектлар юз сифатида нотўғри аниқланган бўлса-да, бу ҳолатлар аниқланган объектлар ичида майдони энг катта бўлган соҳани танлаш орқали бартараф этилди. Бундай ёндашув бир тасвирда асосий объект сифатида инсон юзи мавжуд бўлган ҳолатларда ёлғон аниқлашлар сонини сезиларли даражада камайтирди. Тажрибалар юзни аниқ локализациялаш белгиларни ажратиб олиш ва мультимодал биометрик идентификациялаш аниқлигини оширишда муҳим аҳамият касб этишини кўрсатди. Қуйидаги расмда юзни нотўғри аниқлаш ҳолати ва уни бартараф этиш усули келтирилган.

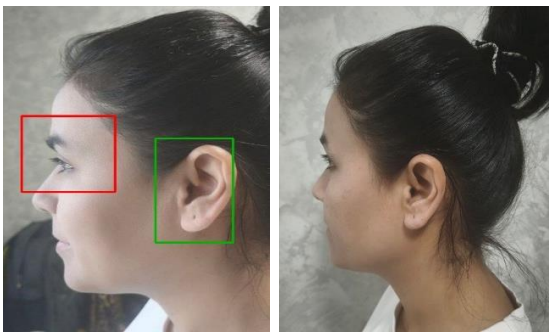


1-расм. *Нотўғри аниқланган юз тасвири.*

Қулоқни аниқлаш. Қулоқни автоматик аниқлаш учун ҳам OpenCV кутубхонасидаги Haar Cascade таснифлагичи қўлланилди.

(cc) BY

Детекторни ўқитишда 2300 та қулоқ мавжуд тасвирлар ва 4250 та қулоқ мавжуд бўлмаган тасвирлардан фойдаланилди. Қулоқ анатомик шаклини инобатга олган ҳолда қулоқ мавжуд тасвирлар 32×48 пиксел ўлчамга нормаллаштирилди. Тажрибалар ушбу ўлчам қулоқни аниқлашда юқори тезлик ва етарлича аниқликни таъминлашини кўрсатди. Яратилган қулоқ детектори аксарият тасвирларда қулоқ соҳасини муваффақиятли локализациялади. Бироқ, айрим ҳолларда қулоқ ўрнига фон элементлари ёки бошқа объектлар нотўғри аниқланган ҳолатлар ҳам кузатилди. Ушбу муаммо ҳам аниқланган объектлар ичида майдони энг катта бўлган соҳани танлаш орқали бартараф этилди, натижада ёлғон аниқлашлар сони сезиларли даражада камайди (2-расм). Айрим тасвирларда эса қулоқ умуман аниқланмади. Бу ҳолат асосан қулоқни соч, бош кийими ёки бошқа ташқи объектлар билан қисман ёки тўлиқ тўсилиши, шунингдек бошни бурилиши ва тасвир сифатини пастлиги билан боғлиқ. Бундай ҳолатларда Haar Cascade алгоритми қулоқни характерли Haar белгиларини тўлиқ аниқлай олмайди, натижада локализациялаш амалга оширилмай қолади. Қуйидаги расмда қулоқни нотўғри аниқланган ва умуман аниқланмаган ҳолатларига мисоллар келтирилган. Ушбу тадқиқот мультимодал биометрик идентификациялаш самарадорлигини баҳолашга қаратилганлиги учун юз ёки қулоқдан бири аниқланмаган тасвирлар тажрибавий маълумотлар базасига киритилмади. Бу ёндашув юз ва қулоқ тасвирларини бир вақтнинг ўзида мавжуд бўлиши шароитида мультимодал белгиларни ҳақиқий самарадорлигини холис баҳолаш имконини беради.



2-расм. *Чапда - нотўғри аниқланган қулоқ тасвири. Ўнгда - аниқланмаган қулоқ тасвири.*

Бир модалли биометрик таниб олиш. Юз ва қулоқ тасвирларидан фақат автоматик аниқланган қизиқиш соҳаси ажратиб олинди. Юз тасвири учун аниқланган ҳудуд қўшимча қирқилиб, юзга тегишли бўлмаган ортиқча фон ва ташқи соҳалар олиб ташланди. Шунингдек, қулоқ тасвири ҳам аниқланган соҳадан ажратилиб, қулоқни анатомик қисми максимал даражада сақланиши учун қўшимча қирқиш амалга оширилди. Барча қирқиш ва масштаблаш жараёнлари автоматик амалга оширилди ҳамда уларни параметрлари тажрибалар асосида оптималлаштирилди. Юз ва қулоқ тасвирларини таниб олиш учун Бош компонентлар таҳлили (Principal Component Analysis, PCA) алгоритми қўлланилди. PCA юқори ўлчамли маълумотларни паст ўлчамли белгилар фазосига проекциялашга асосланган статистик усул бўлиб, у тасвирлардаги энг муҳим ахборотни сақлаб қолиш орқали маълумотлар ўлчамини камайтиради ва айнан шу белгилар таниб олиш жараёнида қўлланилади. PCA алгоритми тасвир пикселларини бош компонентларга айлантиради. Eigenspace эса тасвирлар асосида ҳисобланган ковариация матрицасини хусусий векторлари ёрдамида шакллантирилади.

PCA асосида юз ва қулоқни таниб олиш. Фараз қилайлик, $I(x,y)$ шахсни юз ёки қулоқ тасвири берилган бўлсин ва у $N \times N$ ўлчамли матрица билан ифодалансин. Ўқув маълумотлар базаси эса $I_1, ..., I_M$ тасвирлардан ташкил топган бўлсин. Бунда ҳар бир тасвир N^2 ўлчамли векторга акслантирилади. Ўртача юз (ёки ўртача қулоқ) қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$\gamma = \frac{1}{M}\sum_{n=1}^{M} I_n$$

Ҳар бир тасвирни ўртача тасвирдан фарқи қуйидагича аниқланади:

$$\phi_i = I_i - \gamma$$

(cc) BY

Ҳосил қилинган векторлар тўпламига бош компонентлар таҳлили қўлланилади. Бунда N^2 та ортонормал μ_k хос векторлар ва уларга мос λ_k хос сонлар аниқланади. Ковариация матрицаси қуйидаги формула орқали ҳисобланади:

$$C = \frac{1}{M}\sum_{n=1}^{M}\phi_n\phi_n^T = AA^T,$$

бу ерда $A=[\phi_1,\phi_2,\ldots,\phi_M]$, A матрицани μ_k хос векторлари, λ_k хос сонлари.

$N^2 \times N^2$ ўлчамли матрица хос сонларини ҳисоблаш катта ҳисоблаш ресурсларини талаб қилади. Шунинг учун амалда ўлчами $M \times M$ бўлган кичикроқ A^TAматрица учун хос сонларни топиш масаласи ечилади. Бунда *M* та $A\mu_k^{'}$ хос векторлар ва *M* та $\lambda_k^{'}$ хос сонлар аниқланади. $C = AA^T$ матрицанинг $A\mu_k^{'}$ хос векторлари бўлганлиги учун хос юзни аниқлашда *M* та ўқув тасвирларини u_l чизиқли комбинациясидан фойдаланилади:

$$u_l = \sum_{n=1}^{M}\mu'_{l,n}\phi_n$$

Амалиётда энг катта хос сонларга мос келувчи M' та хос векторлар танлаб олинади, чунки улар тасвир асосий ахборотини ўзида сақлайди. Номаълум I юз ёки қулоқ тасвири таснифлашдан олдин танланган ҳар бир хос вектор бўйича проекциялаш амалга оширилади:

$$\omega_k = u_k^T(I-\mathrm{Y}), \qquad k=1,\ldots,M'$$

Натижада қуйидаги вазнлар вектори ҳосил бўлади:

$$\Omega_{new}^T = [\omega_1,\ldots,\omega_{M'}]$$

Ҳар бир синф учун олдиндан шакллантирилган Ω_k вазнлар вектори мавжуд бўлади. Номаълум тасвирни қайси синфга тегишлилигини аниқлаш учун Евклид масофасидан фойдаланилади:

$$\varepsilon_k = \| \Omega - \Omega_k \|$$

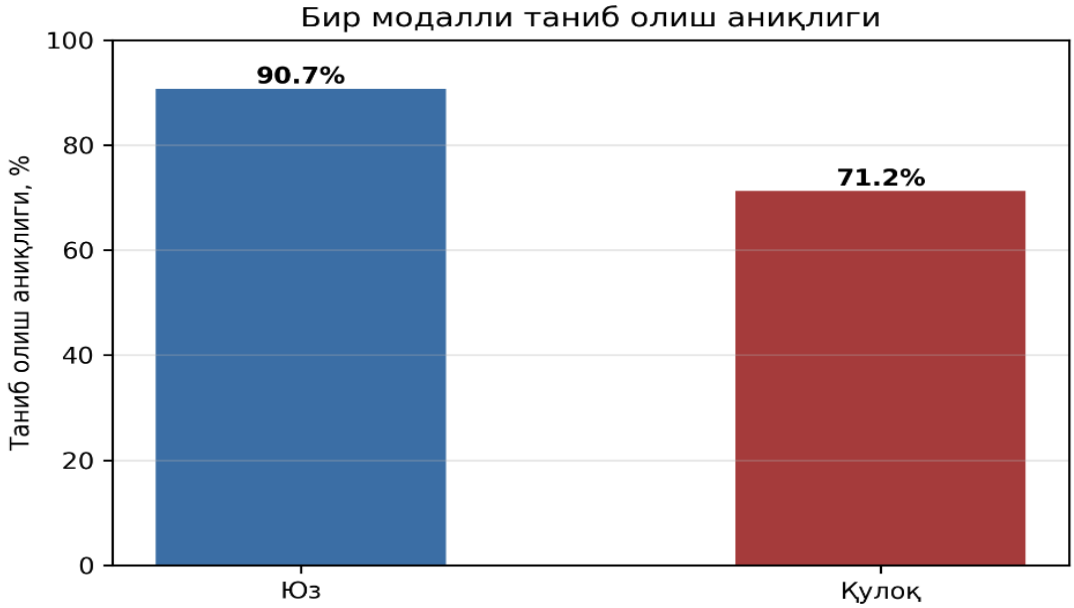
Евклид масофаси энг кичик бўлган синф номаълум тасвирни ҳақиқий синфи сифатида олинади. Шундай қилиб, PCA юқори ўлчамли белгилар фазосини паст ўлчамли белгилар фазосига акслантириб, ҳисоблаш мураккаблигини камайтиради ва юз ҳамда қулоқни самарали таниб олиш имконини беради.

Мультимодал биометрик тизим. Мультимодал биометрик тизимлар одатда бир модалли биометрик тизимларда учрайдиган шовқин, ўзгарувчанлик ва хатолик даражалари каби кўплаб муаммоларни бартараф этиш имконини беради [14]. Таниб олиш аниқлигини оширишдан ташқари, мультимодал биометрик тизимлар нотўғри рад этиш кўрсаткичини ҳам камайтириши мумкин [28-30]. Ушбу тадқиқотда қўлланилган ёндашув икки хил биометрик белги, яъни юз ва қулоқ маълумотларини бирлаштирувчи мультимодал тизимга асосланган. Бу икки биометрик модаллик учун ҳам ягона таниб олиш алгоритми сифатида бош компонентлар таҳлили усули олинган. Бу ёндашув турли биометрик манбалардан олинган белгиларни биргаликда таҳлил қилиш орқали тизим ишончлилиги ва таниб олиш самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Маълумотлар базаси. Тажрибаларни ўтказиш учун иккита маълумотлар базасидан фойдаланилди. Биринчи маълумотлар базаси кафедра ходимлари томонидан яратилган базани юз тасвирлари қисми олинган бўлиб, у 150 нафар шахсга тегишли 750 та тасвирдан ташкил топган. Ҳар бир шахс учун камида 5тадан юз тасвир мавжуд. Иккинчи маълумотлар базаси сифатида кафедра ходимлари томонидан яратилган базани қулоқ тасвирлари қисми олинган бўлиб, у ҳам 1500 та тасвирдан иборат. Унда 150 та шахсни ўнг ва чап қулоқ тасвирлари турли бурчаклардан олинган 5 тадан тасвирни ўз ичига олади.

(cc) BY dtai.uz

Юз ва қулоқни алоҳида таниб олиш. Ишда дастлаб ҳар бир биометрик модаллик алоҳида синовдан ўтказилди, яъни юз тасвирлари таниб олиш босқичигача қайта ишланди, сўнгра эса худди шу жараён қулоқ тасвирлари учун бажарилди. Ўхшашликни баҳолашда Евклид масофасидан фойдаланилди. Тажриба натижалари юзни таниб олиш қулоқни таниб олишга нисбатан юқорироқ аниқликка эга эканлигини кўрсатди: юзни таниб олишда 90,7%, қулоқни таниб олишда эса 71,2% натижа қайд этилди (3-расм).



3-расм. *Бир модалли таниб олиш аниқлиги (юз ва қулоқ).*

Бирлаштирилган таниб олиш. Мультимодал биометрик тизимларда бирлаштириш орқали юз ва қулоқдан олинган мустақил натижалар асосида якуний таснифлашни амалга ошириш учун қўлланилади. Бирлаштиришни амалга оширишни турли усуллари мавжуд. Энг оддий ёндашувлардан бири ҳар икки биометрик манбадан олинган натижаларни қўшиб, энг яхши мос келувчи синфни танлашдан иборат. Ушбу тадқиқотда бирлаштиришни бир нечта усуллари синовдан ўтказилди ва уларни ҳар бири тажрибалар бўлимида батафсил баён этилган. Асосий мақсад юз ва қулоқ биометрик маълумотларини оптимал бирлаштириш орқали таниб олиш аниқлигини янада оширишдан иборат.

Тажрибалар. Ушбу тадқиқотда қайси бирлаштириш усули энг юқори самарадорликни таъминлашини аниқлаш мақсадида бир нечта бирлаштириш алгоритмлари устида тажрибалар ўтказилди. Тажрибаларда нафақат тажрибавий натижалар келтирилди, балки улар таҳлил қилиниб, мультимодал биометрик тизимлар, хусусан, юз ва қулоқни биргаликда қўллашни афзалликлари ҳам ёритиб берилди. Тавсифланган автоматлаштириш усуллари белгиларни қўлда шакллантириш ёки уларни қўлда ажратиб олиш каби амалларга эҳтиёж қолдирмади. Бу эса [7], [8] ва [6] ишларида қўлланилган ёндашувларга нисбатан тизимни тўлиқ автоматлаштириш имконини берди. Тажриба натижалари таклиф этилган автоматлаштирилган мультимодал биометрик ёндашув мавжуд тадқиқотларга нисбатан таниб олиш аниқлигини сезиларли даражада оширишини кўрсатди.

Мультимодал таниб олиш. Турли биометрик модалликлардан олинган масофа қийматларини тўғри таққослаш ва бирлаштириш учун уларни дастлаб нормаллаштириш зарур. Ушбу тадқиқотда Min–Max нормаллаштириш

(cc) BY

усули [6] қўлланилди. Масофа қиймати қуйидаги формула орқали нормаллаштирилди:

$$x_i^{'} = \frac{x_i - min_i}{max_i - min_i}$$

бу ерда $\min_i$ ва $\max_i$ - мос равишда маълумотлар базасидаги энг кичик ва энг катта қиймат.

Нормаллаштириш натижасида барча масофалар 0 дан 1 гача бўлган оралиққа келтирилади. Бу эса юз ва қулоқ маълумотларини ўзаро тўғри таққослаш ҳамда самарали бирлаштириш имконини беради.

Нормаллаштирилган йиғинди. Мазкур усулда дастлаб юз ва қулоқ учун ҳисобланган масофалар Min–Max нормаллаштириш орқали нормаллаштирилади. Сўнгра ҳар икки нормаллаштирилган масофа йиғилиб, умумий нормаллаштирилган масофа ҳосил қилинади. Энг кичик йиғиндига эга бўлган номзод энг мос келувчи шахс сифатида олинади. Евклид масофаси асосида ушбу усул энг яхши натижаларни таъминлади, яъни 99,2% таниб олиш аниқлигини.

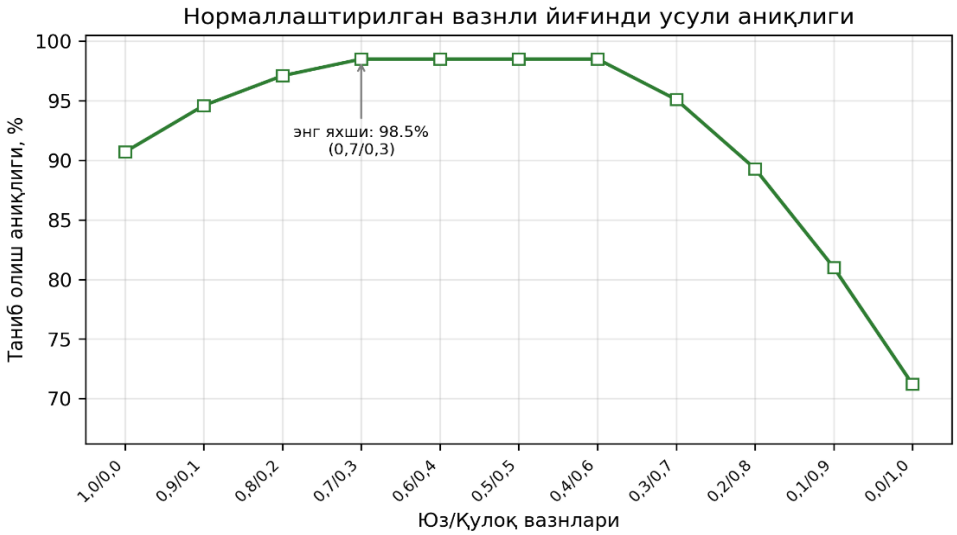
Вазн коэффициентларини қўллаш орқали энг юқори таниб олиш аниқлигига эришилди. Нормаллаштирилган вазнли йиғинди усулида энг яхши натижа 98,5% бўлиб, у юз/қулоқ учун 0,7/0,3 – 0,4/0,6 вазнлар оралиғида кузатилди. Олинган барча натижалар 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Юз ва қулоқ учун нормаллаштирилган вазнли йиғинди бирлаштириш усулидаги таниб олиш натижалари. Бу ерда (1,0/0,0) фақат юзни, (0,0/1,0) эса фақат қулоқни таниб олишни англатади.

вазн (юз/қулоқ)	**Таниб олиш аниқлиги, %**
(1,0 / 0,0)	90.7
(0,9 / 0,1)	94.6
(0,8 / 0,2)	97.1
(0,7 / 0,3)	98.5
(0,6 / 0,4)	98.5
(0,5 / 0,5)	98.5
(0,4 / 0,6)	98.5
(0,3 / 0,7)	95.1
(0,2 / 0,8)	89.3
(0,1 / 0,9)	81.0
(0,0 / 1,0)	71.2

(cc) BY



4-расм. *Турли юз/қулоқ вазнлари учун нормаллаштирилган йиғинди усули орқали эришилган таниб олиш аниқлиги.*

Вазнли нормаллаштирилган йиғинди. Вазн коэффициентларини қўллаш орқали энг юқори таниб олиш аниқлигига эришилди. Яратилган маълумотлар базасида энг яхши натижа юз ва қулоқ учун мос равишда 0,7–0,4 / 0,3–0,6 вазнлар қўлланилганда кузатилди. Олинган барча натижалар 1-жадвалда келтирилган. Жадвалдан юз ва қулоқ учун танланган турли вазн қийматлари таниб олиш аниқлигига сезиларли таъсир кўрсатганлигини кўриш мумкин. Қуйидаги вазнлар махсус ҳолатларни ифодалайди, яъни (1,0 / 0,0) фақат юзни таниб олиш, (0,0 / 1,0) фақат қулоқни таниб олиш ва (0,5 / 0,5) вазнсиз (тенг вазнли) бирлаштириш учун. 4-расмда турли юз/қулоқ вазнлари учун нормаллаштирилган йиғинди усули орқали эришилган таниб олиш аниқлиги график кўринишида ифодаланган. Графикдан аниқлик 0,7–0,4 / 0,3–0,6 вазнлар оралиғида энг юқори нуқтага етганлигини ва кейинчалик у пасая бошлаганлигини кўриш мумкин.

Интервал усули. Тажрибалар давомида биринчи ва иккинчи энг яхши мос келувчи натижалар орасидаги масофадан ҳам фойдаланилди. Бунда биринчи ва иккинчи номзодлар орасидаги масофа қанчалик катта бўлса, биринчи танлов ишончлилиги ҳам шунчалик юқори бўлади деб фараз қилинди. Ушбу мезон Interval-Euclidean Distance деб номланди. Ушбу усул ёрдамида 95,6% аниқликка эришилди. Бунда агар биринчи ва иккинчи энг яхши мос келувчи натижалар орасидаги масофа катта бўлса, биринчи натижа тўғри танланганлигига ишонч юқори бўлади. Аксинча, агар ушбу икки масофа бир-бирига жуда яқин бўлса, таснифлаш ноаниқ бўлиши ва қарор тасодифий қабул қилинган бўлиши мумкин деб фараз қилинади.

Вазнли интервал усули. Ишда интервалга асосланган таниб олиш алгоритми учун ҳам турли вазн коэффициентларини қўллаш бўйича ҳам тажрибалар ўтказилди. Бу ерда ҳам нормаллаштирилган вазнли йиғинди усулида фойдаланилган вазнлар қўлланилди. 2-жадвалда турли юз/қулоқ вазнларида олинган натижалар келтирилган. 5-расмда интервалга асосланган бирлаштириш тизимида турли вазнлар учун эришилган таниб олиш аниқлиги графиги тасвирланган. Бунда аниқлик 0,6–0,5 / 0,4–0,5 вазнлар оралиғида юқори бўлди. Бу ҳолат таниб олиш аниқлигида маълум даражада яхшиланишга олиб келди.

Интервалга асосланган бирлаштириш усули учун ҳам турли вазн коэффициентлари синаб кўрилди. Бунда энг юқори натижа 98,0% бўлиб, аниқлик 0,6/0,4 – 0,5/0,5 вазнлар оралиғида юқори бўлди (2-жадвал).

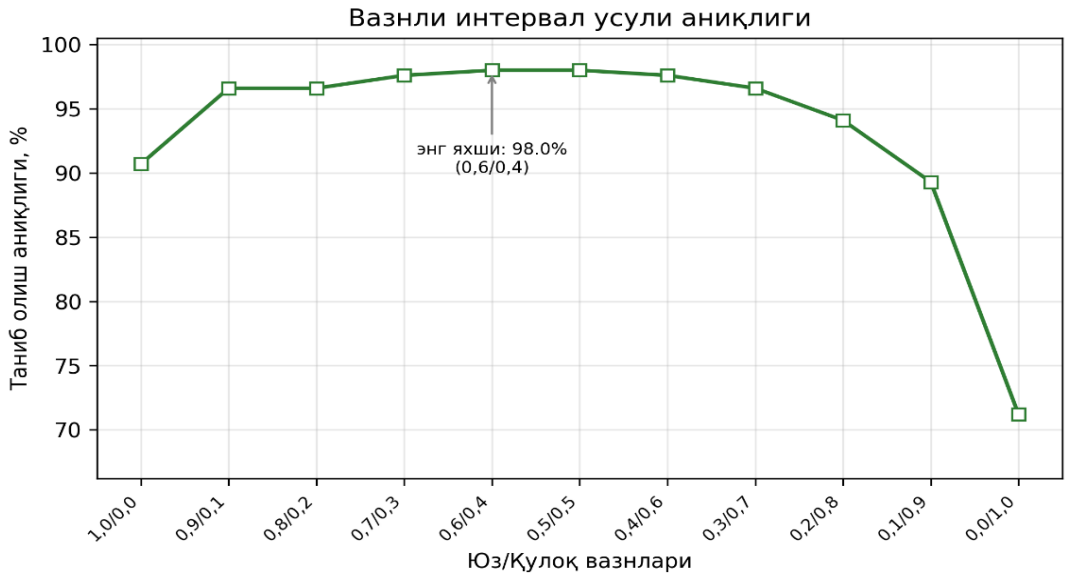
(cc) BY

2-жадвал

Юз ва қулоқ учун вазнли интервал бирлаштириш усулидаги таниб олиш натижалари. Бу ерда (1,0/0,0) фақат юзни, (0,0/1,0) эса фақат қулоқни таниб олишни англатади.

вазн (юз/қулоқ)	Таниб олиш аниқлиги, %
(1,0 / 0,0)	90.7
(0,9 / 0,1)	96.6
(0,8 / 0,2)	96.6
(0,7 / 0,3)	97.6
(0,6 / 0,4)	98.0
(0,5 / 0,5)	98.0
(0,4 / 0,6)	97.6
(0,3 / 0,7)	96.6
(0,2 / 0,8)	94.1
(0,1 / 0,9)	89.3
(0,0 / 1,0)	71.2

Юз ва қулоқ учун вазнли интервал бирлаштириш усулидаги таниб олиш натижалари. Бу ерда (1,0 / 0,0) фақат юзни таниб олишни, (0,0 / 1,0) эса фақат қулоқни таниб олишни англатади.



5-расм. *Турли юз/қулоқ вазнлари учун интервалга асосланган бирлаштириш усули орқали эришилган таниб олиш аниқлиги*

Хатолар таҳлили. Алгоритм ишлаши давомида айрим хатолар ҳам кузатилди. Бундай мисоллардан бири 3-жадвалда келтирилган. Мазкур мисолда ҳақиқий шахс 40 бўлиб, унга юз

CC BY

ва қулоқ учун мос равишда 0,8/0,2 вазнли йиғинди алгоритми қўлланилган. Жадвалда Евклид масофаси, нормаллаштирилган вазнланган қийматлар ҳамда вазнли йиғинди асосида олинган натижалар келтирилган. Ҳақиқий шахс юз масофаси бўйича энг яқин бўлса-да, алгоритм ушбу ҳолатда қулоқ масофаси таъсирида 5-шахсни энг мос номзод сифатида хато танлаган. Келгуси тадқиқотлар бу турдаги хатоларни камайтиришга хизмат қилиши мумкин.

3-жадвал

Юз ва қулоқ учун 0,8/0,2 вазнли йиғинди усулидаги хато мисоли.

Номзод	Юз (Евклид)	Қулоқ (Евклид)	0,8·юз	0,2·қулоқ	Йиғинди
40 (ҳақиқий)	1632	2070	0,0000	0,0642	0,0642
5 (танланган)	1840	1516	0,0353	0,0177	0,0531
27	3179	1305	0,2619	0,0000	0,2619

Хулоса. Ушбу мақолада юз ва қулоқ биометрик белгиларига асосланган тўлиқ автоматлаштирилган мультимодал биометрик тизим тақдим этилди. Синовдан ўтказилган бир нечта бирлаштириш усуллари орасида юз/қулоқ учун нормаллаштирилган Евклид масофасини вазнли йиғинди усули энг юқори натижани кўрсатди. Ушбу усул ёрдамида 99,2% таниб олиш аниқлигига эришилди. Олинган натижалар шахсни фаол иштирокини талаб қилмайдиган, яъни инсон омилисиз ишлайдиган пассив биометрик таниб олиш тизимларини ишлаб чиқишда муҳим аҳамият касб этади.

Адабиётлар

1. Emeršič Ž., Štruc V., Peer P. Ear Recognition: More Than a Survey. Neurocomputing, 255, 26–39, 2017.
2. Ross A., Jain A.K. Multimodal Biometrics: An Overview. Proceedings of the 12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), 1221–1224, 2004.
3. Turk M.A., Pentland A.P. Eigenfaces for Recognition. Journal of Cognitive Neuroscience, 3(1), 71–86, 1991.
4. Qin J., He Z.S. A SVM Face Recognition Method Based on Gabor-Featured Key Points. Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 5144–5149, 2005.
5. Belhumeur P.N., Hespanha J.P., Kriegman D.J. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(7), 711–720, 1997.
6. Penev P.S., Atick J.J. Local Feature Analysis: A General Statistical Theory for Object Representation. Network: Computation in Neural Systems, 7(3), 477–500, 1996.
7. Jain A.K., Flynn P., Ross A.A. (Eds.) Handbook of Biometrics. Springer, New York, 2008.
8. Middendorff C., Bowyer K.W. Multi-biometrics Using Face and Ear. In: Handbook of Biometrics, pp. 315–341. Springer, Heidelberg, 2008.
9. Chang K., Bowyer K.W., Sarkar S., Victor B. Comparison and Combination of Ear and Face Images in Appearance-Based Biometrics. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(9), 1160–1165, 2003.
10. Rahman M.M., Ishikawa S. Proposing a Passive Biometric System for Robotic Vision. Proceedings of the 10th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 2005.
11. OpenCV: Open Source Computer Vision Library. https://opencv.org
12. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features.

(cc) BY *dtai.uz*

Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 511–518, 2001.
13. Lienhart R., Maydt J. An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection. Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 900–903, 2002.
14. Bubeck U.M., Sanchez D. Biometric Authentication: Technology and Evaluation. Technical Report, San Diego State University, 2003.
15. Phillips P.J., Moon H., Rizvi S.A., Rauss P.J. The FERET Evaluation Methodology for Face-Recognition Algorithms. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(10), 1090–1104, 2000.
16. Yuan L., Mu Z.-C., Xu X.-N. Multimodal Recognition Based on Face and Ear. International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition (ICWAPR), vol. 3, 1203–1207, 2007.
17. Peer P. CVL Face Database. http://www.lrv.fri.uni-lj.si/facedb.html
18. Lowe D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. International Journal of Computer Vision, 60(2), 91–110, 2004.
19. Bay H., Ess A., Tuytelaars T., Van Gool L. Speeded-Up Robust Features (SURF). Computer Vision and Image Understanding, 110(3), 346–359, 2008.
20. Ahonen T., Hadid A., Pietikäinen M. Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(12), 2037–2041, 2006.
21. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 779–788, 2016.
22. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 39(6), 1137–1149, 2017.
23. Lin T.-Y., Goyal P., Girshick R., He K., Dollár P. Focal Loss for Dense Object Detection. Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2980–2988, 2017.
24. Gonzalez E., Alvarez L., Mazorra L. AMI Ear Database. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. http://ctim.ulpgc.es/research_works/ami_ear_database/
25. Mamatov N.S., Abdukadirov B., Kakharov Sh., Orifjonov B., Abdukadirova G. Peculiarities of Face Detection and Recognition. Proceedings of the 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 1–5, 2021.
26. Mamatov N.S., Abdukadirov B.A., Samijonov A.N., Samijonov B.N. Method for False Attack Detection in Face Identification System. Proceedings of the 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 1–4, 2021.
27. Nishanov A.H., Mamatov N.S., Samijonov A.N., Rahmonov E., Juraev Sh. Method for Selecting Informative and Non-informative Features. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 919(4), 042013, 2020.
28. Fazilov Sh., Mamatov N.S., Samijonov A.N., Niyozmatova N. Formation of an Informative Description of Recognizable Objects. Journal of Physics: Conference Series, 1210, 012043, 2019.

(cc) BY