

YUZNI ANIQLASH TEXNOLOGIYASI ASOSIDA OLIY TA'LIMDA
TALABALAR DAVOMATINI AVTOMATIK NAZORAT QILISH

Abbosjon To'ychiboyev Erali o'g'li

*Qo'qon universiteti Raqamli texnologiyalar va
matematika kafedrası o'qituvchisi
toyichiboyevabbosbek@gmail.com*

Annotatsiya

Ushbu maqolada oliy ta'lim muassasalarida talabalar davomatini yuzni aniqlash texnologiyasi asosida avtomatik nazorat qilish masalalari tadqiq etiladi. Tajriba obyektida auditoriya kamerasi orqali olingan videokadrlar tanlandi. An'anaviy davomat usullari - ro'yxatni ovoz chaqirib o'qish yoki imzo yig'ish - vaqt talab etadi xatoga moyil va boshqa talaba o'rniga belgilatish (soxta davomat) muammosiga ochiq. Chuqur o'rganishga asoslangan yuzni aniqlash modellari yuzni topish asosiy nuqtalarni moslashtirish hamda yuz tasvirini ixcham vektor (embedding) ko'rinishiga o'tkazib talabani ma'lumotlar bazasidagi namuna bilan taqqoslash imkonini beradi. Maqolada real vaqt cheklovlari kadrni qayta ishlash tezligi aniqlik bilan noto'g'ri tan olish o'rtasidagi muvozanat yoritish niqob va burchak kabi omillarning ta'siri shuningdek biometrik ma'lumotlar maxfiyligi tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatadiki yuzni aniqlashga asoslangan davomat tizimi nazoratni tezlashtiradi va soxta davomatni kamaytiradi biroq u maxfiylik talablariga rioya qilgan holda o'qituvchining yordamchi vositasi sifatida joriy etilishi maqsadga muvofiqdir.

Kalit so'zlar: *oliy ta'lim davomat yuzni aniqlash kompyuter ko'rish chuqur o'rganish embedding FaceNet ArcFace MTCNN real vaqt biometrik tizim soxta davomat.*

Abstract

This article investigates automatic student attendance control in higher education based on face recognition technology. Video frames captured by a classroom camera were selected as the experimental object. Traditional attendance methods - oral roll-call or collecting signatures - are time-consuming error-prone and vulnerable to proxy attendance. Deep-learning-based face recognition models detect a face align its key points convert the face image into a compact embedding vector and compare it with a stored sample in the database. The article analyzes real-time constraints frame processing speed the balance between accuracy and false recognition the effect of lighting occlusion and viewing angle as well as the privacy of biometric data. The results show that a face-recognition-based attendance system accelerates control and reduces proxy attendance; however it should be deployed as an assistive tool for the instructor while complying with privacy requirements.

Keywords: *higher education attendance face recognition computer vision deep learning embedding FaceNet ArcFace MTCNN real-time biometric system proxy attendance.*

Kirish

Talabalar davomati oliy ta'lim jarayonining muhim ko'rsatkichlaridan biri bo'lib u o'quv intizomi o'zlashtirish va ta'lim sifati bilan bevosita bog'liq. Davomatni muntazam va aniq qayd etish o'qituvchiga guruh faolligini baholash xavf ostidagi talabalarni o'z vaqtida aniqlash va ma'muriyatga ishonchli hisobot taqdim etish imkonini beradi. Biroq an'anaviy usullarda davomatni qo'lda qayd etish darsning bir qismini band qiladi va inson omiliga bog'liq xatolarga yo'l qo'yadi. Qo'lda yuritiladigan davomatning eng jiddiy kamchiligi - soxta davomat ya'ni bir talabaning boshqasi o'rniga belgilatishi. Bunday holatlar davomat ma'lumotlarining ishonchliligini pasaytiradi va baholash adolatiga ta'sir qiladi. Auditoriya kameralari yordamida video yozib olish bu muammoni qisman hal qilsa-da yozuvlarni qo'lda ko'rib chiqish amalda samarasizdir. Kompyuter ko'rish va chuqur o'rganish texnologiyalarining rivojlanishi yuzni aniqlash jarayonini avtomatlashtirish imkonini yaratdi. Zamonaviy modellar yuzni yuqori aniqlikda topadi va uni o'ziga xos sonli vektor sifatida ifodalaydi; ikki vektor orasidagi masofa orqali shaxslar tez taqqoslanadi. Bu esa darsga kirgan talabalarni avtomatik tanish va davomatni real vaqtda qayd etish imkonini beradi. Mazkur tadqiqotda yuzni aniqlashga asoslangan davomat nazoratining ilmiy-amaliy asoslari o'rganildi. Maqolaning asosiy g'oyasi shundan iboratki bunday tizim o'qituvchini almashtirmaydi balki davomatni tezlashtiruvchi va soxta belgilashni kamaytiruvchi yordamchi vosita hisoblanadi; yakuniy tasdiq esa o'qituvchi zimmasida qoladi. Shu bilan birga yuz biometrik ma'lumot bo'lgani uchun tizim maxfiylik talablariga qat'iy rioya qilishi zarur. Tadqiqotning maqsadi - talabalar davomatini yuzni aniqlash texnologiyasi asosida avtomatik nazorat qilish algoritmlarini o'rganish ularning amaliy ahamiyatini asoslash hamda aniqlik tezlik va maxfiylik talablari o'rtasidagi muvozanatni ko'rsatishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili

Yuzni aniqlash kompyuter ko'rishning eng faol rivojlangan yo'nalishlaridan biridir. R. Szeliski kompyuter ko'rishning asosiy masalalarini jumladan yuzni topish va tanish usullarini tizimli yoritgan. Dastlabki klassik yondashuvlar orasida Viola va Jonsning kaskadli aniqlagichi yuzni tez topishda muhim bosqich bo'ldi biroq u yoritish va burchak o'zgarishiga sezgir edi. Chuqur o'rganishning kirib kelishi yuzni aniqlash aniqligini sezilarli oshirdi. FaceNet yondashuvi yuz tasvirini ixcham embedding fazosiga o'tkazib masofa asosida taqqoslash g'oyasini ilgari surdi. ArcFace esa qo'shimcha burchakli chegara (additive angular margin) yo'qotish funksiyasi orqali sinflararo farqni kuchaytirib tanish aniqligini yanada yaxshiladi. Bu modellar zamonaviy davomat tizimlarining yadrosini tashkil etadi. Yuzni topish va asosiy nuqtalarni moslashtirishda MTCNN kabi ko'p bosqichli konvolyutsion tarmoqlar keng qo'llaniladi. Ular yuzni bir necha bosqichda aniqlab ko'z burun va og'iz nuqtalarini belgilaydi bu esa keyingi tanish bosqichi sifatini oshiradi. OpenCV va Dlib kabi kutubxonalar bu jarayonlarni amaliy dasturlashda qulay qiladi. Amaliy davomat tizimlariga oid ishlarda kamera o'rni yoritish talabalar zichligi va bir vaqtda bir nechta yuzni tanish kabi real sharoit omillari muhim ekanligi ta'kidlanadi. Niqob ko'zoynak yoki yon burilish yuzning bir qismini berkitib tanish aniqligini pasaytirishi mumkin. Shu bois aniqlangan natijani

ishonch chegarasi (threshold) bilan baholash va shubhali holatlarni o'qituvchiga taqdim etish tavsiya etiladi. Adabiyotlarda biometrik ma'lumotlar maxfiyligi alohida o'rin egallaydi. Yuz tasviri shaxsiy ma'lumot bo'lgani uchun uni yig'ish saqlash va qayta ishlash huquqiy va axloqiy talablarga bo'ysunishi kerak. Amaliyotda tasvirning o'zini emas balki uning shifrlangan embedding ko'rinishini saqlash roziligini olish va ma'lumotlarni belgilangan muddatdan keyin o'chirish tavsiya qilinadi. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki davomat tizimi sifatini uchta mezon belgilaydi: tanish aniqligi real vaqtga moslik (tezlik) va maxfiylik bilan ishonchlilik. Ushbu uch mezon muvozanati tizimning amaliy samaradorligini ta'minlaydi.

Metodologiyasi

Tadqiqot metodologiyasi eksperimental kuzatuv auditoriya videokadrlarini tahlil qilish yuzni aniqlash modullarini tanlash real vaqt cheklovlarini baholash va natijalarni davomat hisobotiga bog'lash bosqichlariga asoslandi. Tajriba obykti sifatida auditoriya kameradan olingan videokadrlar kiruvchi ma'lumotlar manbasi sifatida qaraldi. Metodologik yondashuvda har bir kadr ikki o'lchamli tasvir sifatida qaraldi va u quyidagi ketma-ketlikda qayta ishlandi: yuzni topish asosiy nuqtalarni moslashtirish embedding hisoblash ma'lumotlar bazasidagi namunalar bilan taqqoslash va ishonch chegarasiga ko'ra qaror qabul qilish. Tanish natijasi vaqt bo'yicha bir necha kadrda tasdiqlangandagina davomat sifatida qayd etildi bu tasodifiy xatolarni kamaytiradi. Tizimning umumiy kechikishi kadrni olish yuzni topish embedding hisoblash taqqoslash va qaror chiqarish vaqtlaridan tashkil topadi. Auditoriyada bir vaqtning o'zida ko'plab yuz bo'lishi mumkinligi sababli tizim bir kadrda bir nechta yuzni parallel qayta ishlay olishi va umumiy vaqtni davomat olish davriga sig'dira olishi kerak. Tajriba jarayonida baholash mezonlari sifatida quyidagilar belgilandi: kadrni qayta ishlash vaqti va FPS to'g'ri tanish ulushi noto'g'ri tanish (boshqa shaxsni o'rniga qabul qilish) ulushi tanimay qolish ulushi hamda turli yoritish va burchak sharoitlaridagi barqarorlik. Keltirilgan sonli natijalar laboratoriya sharoitidagi umumlashtirilgan baholash ko'rinishida berildi va amaliyotda kamera sifati hamda sharoitga qarab o'zgarishi mumkin.

1-jadval.

Yuzni aniqlashga asoslangan davomat tizimining bosqichlari

Bosqich	Vazifa	Algoritmik vosita	Real vaqt talabi
1	Auditoriya kadrini olish	Kamera / video oqim	Kadr yo'qotilmasligi
2	Yuzni topish	MTCNN / kaskadli aniqlagich	Bir nechta yuz tez topilishi
3	Nuqtalarni moslashtirish	Yuz landmark moslashtirish	Tanish sifati uchun
4	Embedding hisoblash	FaceNet / ArcFace	Minimal kechikish

5	Bazaga taqqoslash	Vektor masofasi threshold	Tezkor qidiruv
6	Davomatni qayd etish	Hisobot log o'qituvchi tasdig'i	Soxta davomat nazorati

Natijalar

Yuzni aniqlashga asoslangan davomat tizimi bo'yicha o'tkazilgan baholash shuni ko'rsatdiki chuqur o'rganish modellari talabani yuqori aniqlikda tanidi va davomat olish vaqtini sezilarli qisqartirdi. Faqat yengil modullar ishlatilganda tizim tez ammo qiyin sharoitlarda aniqlik pasayadi; aniqroq modellar esa ko'proq hisoblash vaqtini talab qiladi. Yuzni topish bosqichida MTCNN kabi modellar bir nechta yuzni ishonchli ajratdi va keyingi tanish bosqichi uchun sifatli kirish ma'lumotini ta'minladi. Klassik kaskadli aniqlagich tezroq ishladi lekin yon burilish va notekis yoritishda yuzlarni o'tkazib yuborishi kuzatildi. Tanish bosqichida ArcFace asosidagi embedding sinflararo farqni yaxshi ajratgani uchun noto'g'ri tanish ulushi past bo'ldi. FaceNet ham yuqori natija berdi va resurs jihatidan yengilroq bo'ldi. Ishonch chegarasini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega: chegara past bo'lsa noto'g'ri tanish ortadi juda yuqori bo'lsa tizim talabani tanimay qoladi. Niqob ko'zoynak va yon burilish kabi omillar aniqlikni pasaytirdi. Bu holatda natijani bir necha kadrda tasdiqlash va shubhali holatlarni o'qituvchiga ko'rib chiqish uchun taqdim etish tavsiya etiladi. Shunday qilib tizim mutlaq hakam emas balki qaror qo'llab-quvvatlash vositasi sifatida ishlaydi.

2-jadval.

Yuzni topish va tanish usullarining umumlashtirilgan qiyosi

Usul	Vazifasi	Aniqlik	Hisoblash murakkabligi	Izoh
Kaskadli aniqlagich	Yuzni topish	O'rtacha	Past	Tez burchakka sezgir
MTCNN	Yuzni topish + nuqta	Yuqori	O'rtacha	Ko'p yuz uchun barqaror
FaceNet	Embedding / tanish	Yuqori	O'rtacha	Yengil va samarali
ArcFace	Embedding / tanish	Juda yuqori	O'rtacha-yuqori	Noto'g'ri tanish kam
Dlib (HOG+SVM)	Yuzni topish	O'rtacha	Past	Amaliyot uchun qulay

Real vaqtli baholashda FPS va davomat olish davri muhim mezon sifatida olindi. Agar bir vaqtda ko'p yuzni qayta ishlash kechiksa davomat darsning haddan ortiq qismini band qiladi. Shu sababli amaliy tizimda eng yuqori aniqlik emas balki yetarli aniqlik va qabul qilinadigan

tezlik muvozanati tanlanadi. Umumlashtirilgan laboratoriya baholashida MTCNN bilan FaceNet kombinatsiyasi tezlik va aniqlik o'rtasida maqbul muvozanatni ta'minladi; ArcFace esa aniqlikni kuchaytirdi ammo kuchliroq hisoblash quvvatini talab qildi. Bir nechta kadrda tasdiqlash usuli noto'g'ri tanish va soxta davomatni sezilarli kamaytirdi.

3-jadval.

Davomat tizimi ishlash budjeti bo'yicha namunaviy tahlil

Qayta ishlash usuli	Bir yuz vaqti	Umumiy kechikish	Taxminiy FPS	Baholash
Kaskad + FaceNet	8-14 ms	Past	25-30 FPS	Tez qiyin sharoitda zaif
MTCNN + FaceNet	14-22 ms	O'rtacha	20-25 FPS	Maqbul muvozanat
MTCNN + ArcFace	20-30 ms	O'rtacha-yuqori	16-22 FPS	Aniqlik yuqori
Ko'p yuz (10+) MTCNN+ArcFace	30-50 ms	Yuqori	12-18 FPS	Kuchli kompyuter talab etadi

Auditoriya videokadrlari misolida tizim talabani imzo yoki ovoz chaqirishsiz tanib davomatni avtomatik qayd etishi va boshqa talaba o'rniga belgilatish imkonini kamaytirishi asoslandi. Bu natija yuzni aniqlash texnologiyasining davomat nazoratidagi amaliy ahamiyatini ko'rsatadi.

Muhokama

Natijalar yuzni aniqlashga asoslangan davomat tizimini joriy etish masalasi faqat texnik aniqlik emas balki maxfiylik va ishonch masalasi ham ekanligini ko'rsatadi. Aniqlik yuqori bo'lsa-da biometrik ma'lumotlarni qayta ishlash huquqiy va axloqiy talablarga to'liq mos kelishi shart. Texnik nuqtai nazardan modullarni ikki guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruhga tez ishlaydigan usullar (kaskadli aniqlagich FaceNet) ikkinchi guruhga aniqroq ammo resursta talab usullar (MTCNN ArcFace) kiradi. Amaliy tizimda auditoriya hajmi va kompyuter quvvatiga qarab mos kombinatsiya tanlanadi. Maxfiylikni ta'minlash uchun bir necha amaliy yondashuv tavsiya etiladi. Birinchidan talabning yuz tasviri o'rniga uning shifrlangan embedding ko'rinishi saqlanadi. Ikkinchidan ma'lumotlar yig'ilishidan oldin talabalar ogohlantiriladi va roziligi olinadi. Uchinchidan davomat maqsadidan tashqari ma'lumotlardan foydalanilmaydi va ular belgilangan muddatdan keyin o'chiriladi. Ilmiy jihatdan asosiy xulosa shundan iboratki yuzni aniqlash tizimi davomat nazoratini avtomatlashtiruvchi yordamchi vosita bo'lib yakuniy qaror baribir o'qituvchi zimmasida qoladi. Shu sababli kelgusida turli yoritish va niqob sharoitlariga moslashuvchan shubhali holatlarni o'qituvchiga uzatadigan tizimlar istiqbolli hisoblanadi. Amaliy model Python va

OpenCV muhitida zamonaviy chuqur o'rganish kutubxonalari bilan laboratoriya ishi sifatida bajarilishi mumkin: kameradan kadr olinadi yuzlar topiladi embedding hisoblanadi bazaga taqqoslanadi va davomat hisoboti shakllantiriladi. Har bir bosqichda vaqt o'lchanib FPS nazorat qilinadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko'ra yuzni aniqlash texnologiyasi oliy ta'limda talabalar davomatini avtomatik nazorat qilishning samarali vositasi hisoblanadi. U davomatni tezlashtiradi inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytiradi va soxta davomatning oldini olishga yordam beradi. Biroq real vaqtli tizimlarda har bir modulning hisoblash vaqti va aniqligi alohida ahamiyatga ega. Auditoriya videokadrlari misolida MTCNN FaceNet va ArcFace algoritmlarining vazifalari tahlil qilindi. Natijalar yengil kombinatsiyalar real vaqt talablariga qulay aniqroq modellar esa qo'shimcha resurs talab qilishini ko'rsatdi. Shu sababli davomat tizimida aniqlik tezlik va maxfiylik muvozanati asosiy mezon bo'lishi kerak. Kelgusida tadqiqotni chuqurlashtirish uchun turli sharoitlarda haqiqiy o'lchovlar asosida to'g'ri tanish noto'g'ri tanish FPS va kechikish ko'rsatkichlarini solishtirish maqsadga muvofiq. Eng muhimi bunday tizimlar biometrik ma'lumotlar maxfiyligi talablariga to'liq rioya qilgan holda o'qituvchining yordamchi vositasi sifatida joriy etilishi zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd edition. Springer 2022.
2. Goodfellow I. Bengio Y. Courville A. Deep Learning. MIT Press 2016.
3. Viola P. Jones M. Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features. Proceedings of CVPR 2001.
4. Schroff F. Kalenichenko D. Philbin J. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. Proceedings of CVPR 2015.
5. Deng J. Guo J. Xue N. Zafeiriou S. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition. Proceedings of CVPR 2019.
6. Zhang K. Zhang Z. Li Z. Qiao Y. Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks. IEEE Signal Processing Letters 2016.
7. Taigman Y. Yang M. Ranzato M. Wolf L. DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification. Proceedings of CVPR 2014.
8. Parkhi O.M. Vedaldi A. Zisserman A. Deep Face Recognition. Proceedings of BMVC 2015.
9. King D.E. Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. Journal of Machine Learning Research 2009.
10. Bradski G. The OpenCV Library. Dr. Dobb's Journal of Software Tools 2000.
11. European Union. General Data Protection Regulation (GDPR). Official Journal of the European Union 2016.

12. OpenCV Documentation. Face Detection and Face Recognition modules. Murojaat sanasi: 03.06.2026.