RASPBERRY PI MODELLARIDAN FOYDALANIB INSON YUZNI ANIQLAB OLISH QURILMASNI ISHLAB CHIQISH

Tursunov Muhammadro‘zi Sanjar o‘g‘li
Qo‘qon UniversitetiAndijon filiali ,
IT va ijtimoiy-gumanitar fakulteti,
Kompyuter injiniringi yo'nalishi talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada Raspberry Pi modellaridan foydalanib inson yuzini aniqlab olishga mo‘ljallangan qurilma ishlab chiqishning nazariy va amaliy jihatlari yoritiladi. Maqolada yuzni aniqlashning kompyuter ko‘rishdagi o‘rni, Raspberry Pi’ning afzalliklari, OpenCV kutubxonasi, Haar kaskad klassifikatorlari va neyron tarmoqlarga asoslangan yondashuvlar tahlil qilinadi. Taklif etilayotgan tizim arzon, ixcham va energiya tejamkor bo‘lib, xavfsizlik, ta’lim, kirish–chiqish nazorati, “aqlli uy” tizimlarida qo‘llash imkoniyatiga ega. Qurilma arxitekturasi, dasturiy ta’minot modullari, test sinovlari natijalari va ularni muhokama qilish natijasida amaliy samaradorlik, aniqlik darajasi hamda cheklovlar ko‘rsatib beriladi. Yakunda tizimni yanada takomillashtirish yo‘llari, xususan, chuqur o‘rganish (deep learning) modellarini integratsiya qilish, ma’lumotlar bazasi bilan ishlash va ko‘p foydalanuvchili rejimni joriy etish bo‘yicha takliflar beriladi.

Kalit so‘zlar: Raspberry Pi, inson yuzini aniqlash, OpenCV, Haar kaskad, kompyuter ko‘rish, aqlli tizimlar, biometrik identifikatsiya, chuqur o‘rganish.

So‘nggi yillarda biometrik texnologiyalar, xususan, inson yuzini aniqlash va tanish tizimlari turli sohalarda keng qo‘llanila boshladi: kirishni nazorat qilish, videokuzatuv, mijozlarni avtomatik ro‘yxatga olish, ta’lim jarayonida davomatni aniqlash va hokazo. Bunday tizimlar odatda yuqori hisoblash quvvatiga ega kompyuterlar yoki maxsus sanoat kontrollerlari asosida yaratilgan bo‘lib, ularning narxi va ekspluatatsiya xarajatlari ko‘pincha yuqori bo‘ladi.

Raspberry Pi — ixcham, arzon, ammo yetarlicha quvvatli yagona plata kompyuteri bo‘lib, u orqali turli embedded (o‘rnatiladigan) tizimlar, robototexnika qurilmalari, aqlli sensorlar va kompyuter ko‘rish tizimlarini yaratish mumkin. Raspberry Pi’ning kichik o‘lchami, past energiya iste’moli va Linux asosidagi moslashuvchan operatsion tizimi uni yuzni aniqlashga mo‘ljallangan stend-alone qurilmalar yaratish uchun juda qulay platformaga aylantiradi.

Mazkur maqolaning maqsadi — Raspberry Pi modellaridan foydalanib inson yuzini aniqlab olish qurilmasini ishlab chiqish jarayonini bosqichma-bosqich yoritish, mavjud ilmiy va amaliy yondashuvlarni tahlil qilish, qurilma arxitekturasi va dasturiy ta’minotini tavsiflash hamda tajriba natijalarini muhokama qilishdir.

Tadqiqot obyekti — Raspberry Pi asosidagi kompyuter ko‘rish tizimi.

Tadqiqot predmeti — real vaqtda inson yuzini aniqlash algoritmlari va ularni Raspberry Pi platformasiga moslashtirish.

Inson yuzini aniqlash bo‘yicha ilk ishlanmalar asosan klassik kompyuter ko‘rish usullariga, ya’ni chetlarni aniqlash, gradientlar, shablon moslashtirish (template matching) kabi metodlarga asoslangan. Keyinchalik Haar-like xususiyatlar va Adaboost klassifikatorlari asosidagi Haar kaskad usuli keng ommalashdi. Bu usul OpenCV kutubxonasiga implementatsiya qilingan bo‘lib, ko‘plab amaliy loyihalarda, jumladan, Raspberry Pi asosidagi oddiy loyihalarda ham qo‘llanadi.

So‘nggi o‘n yillikda esa chuqur o‘rganish arxitekturalari, xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) asosidagi YOLO, SSD, MTCNN, FaceNet kabi modellar yuzni nafaqat aniqlash, balki aniqlangan yuzni identifikatsiya qilish va ekspressiyalarni tahlil qilishda ham keng qo‘llanmoqda. Biroq bu modellar odatda katta hisoblash resurslarini talab etadi, shu sababli ularni Raspberry Pi kabi cheklangan resursli platformalarda qo‘llash uchun yengillashtirish (modelni siqish, kvantizatsiya, TensorFlow Lite, ONNX Runtime va h.k.) zarur bo‘ladi.

Raspberry Pi asosida yuzni aniqlashga bag‘ishlangan ko‘plab amaliy loyihalar mavjud. Ularda asosan quyidagi jihatlarga e’tibor qaratilgan:

USB yoki Raspberry Pi Camera Module yordamida tasvirni olish;

OpenCV kutubxonasi orqali kadrlarni qayta ishlash;

Haar kaskadlar yordamida yuzni aniqlash;

LED, signalizatsiya, eshik qulfini boshqarish, ma’lumotlarni serverga yuborish kabi qo‘shimcha funksiyalarni amalga oshirish.

Shu bilan birga, ko‘plab ishlanmalar o‘qitish muhitida (laboratoriya ishlari, robototexnika to‘garaklari) talabalarga kompyuter ko‘rish va IoT texnologiyalarini birgalikda o‘rgatish uchun qo‘llanilmoqda. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Raspberry Pi asosida yuzni aniqlash qurilmasini yaratish bo‘yicha amaliy tajribalar yetarli, biroq mahalliy sharoit (masalan, ta’lim muassasalari, kichik korxonalar, turar joylar) uchun mos, o‘zbek tilida batafsil metodik materiallar yetarlicha ishlab chiqilmagan.

Metodlar bo‘limi

Tizim arxitekturasi

Taklif etilayotgan qurilma quyidagi asosiy modullardan iborat:

Raspberry Pi (masalan, Raspberry Pi 4 Model B):

CPU: 4 yadroli ARM protsessori;

RAM: 2–4 GB;

OS: Raspberry Pi OS (Linux).

Tasvir olish moduli:

Raspberry Pi Camera Module (yoki USB veb-kamera).

Dasturiy ta’minot:

Python dasturlash tili;

OpenCV kutubxonasi (cv2);

Zaruratga ko‘ra: NumPy, imutils, TensorFlow Lite va boshqalar.

Qo‘shimcha qurilmalar (ixtiyoriy):

LED yoki signalizatsiya;

Rele moduli orqali elektromexanik qulf;

Wi-Fi/Ethernet orqali serverga ulanish.

Dasturiy algoritm

Yuzni aniqlash algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat:

Kamerani ishga tushirish

Raspberry Pi kamerasi Python orqali cv2.VideoCapture() funksiyasi bilan ishga tushiriladi.

Kadrni olish va oldindan qayta ishlash

Har bir kadr RGB formatda olinadi;

Yuzni tezroq va barqarorroq aniqlash uchun kadr o‘lchami kichraytiriladi (masalan, 640×480 dan 320×240 gacha);

Tasvir kulrang (grayscale) formatga o‘tkaziladi.

Yuzni aniqlash

Haar kaskad klassifikatori (haarcascade_frontalface_default.xml) yuklab olinadi;

detectMultiScale() funksiyasi yordamida tasvirdan yuzlar koordinatalari aniqlanadi;

Aniqlangan yuz atrofiga to‘rtburchak chiziq chiziladi.

Qo‘shimcha funksiyalar

Yuz aniqlanganda LEDni yoqish;

Aniqlangan yuz rasmni saqlash;

Ma’lumotlarni lokal ma’lumotlar bazasiga (masalan, SQLite) yoki tashqi serverga (REST API orqali) jo‘natish;

Keyingi bosqichlarda yuzni tanish (face recognition) modulini qo‘shish (masalan, LBPHFaceRecognizer yoki CNN model).

Raspberry Pi yordamida inson yuzini aniqlaydigan qurilma yasashni kod yozmasdan, faqat matn shaklida, bosqichma-bosqich juda batafsil tushuntirib beraman.

Maqsad: Kamera odam yuzini ko‘rsa, darrov aniqlasin (real-time). Istasangiz yuz topilganda ovoz chiqarsin, rasm saqlasin, Telegramga yuborsin yoki eshikni ochsin.

Kerakli jihozlar (2025-yil eng yaxshi variantlari)

- Raspberry Pi 5 (8 GB RAM tavsiya etiladi, 4 GB ham yetadi)

- Kamera:

Eng tezi → Raspberry Pi AI Camera (Sony IMX500)

Oddiy variant → Raspberry Pi Camera Module 3 yoki oddiy USB webcam

- MicroSD karta (kamida 32 GB, tezroq bo‘lsa yaxshi)
- 5V 5A quvvat bloki (Pi 5 uchun majburiy)
- Korpus (ixtiyoriy)
- Agar eshik ochmoqchi bo‘lsangiz: 5V relay modul + elektron qulf (solenoid lock)

Raspberry Pi ni tayyorlash

1. Kompyuteringizda raspberrypi.com/software saytiga kiring.
2. Raspberry Pi Imager dasturini yuklab oling.
3. “Raspberry Pi OS (64-bit)” ni tanlang, “Bookworm” versiyasini yozing (eng yangi).
4. Imagerda “Settings” tugmasini bosing:
   - Foydalanuvchi nomi va parol kiriting (masalan, pi va raspberry emas, o‘zingiz xohlagan)
   - Wi-Fi login/parolni kiriting
   - SSH ni yoqib qo‘ying
5. MicroSD kartaga yozing, kartani Pi ga joylashtiring va ishga tushiring.

Birinchi marta kirganda terminalni oching va tizimni yangilang

Terminalda quyidagi buyruqlarni ketma-ket yozing (har birini tugaguncha kutib turing):

- sudo apt update
- sudo apt upgrade -y
- sudo apt install python3-pip libatlas-base-dev -y

Eng oddiy va tez ishlaydigan usul – Google MediaPipe (2025-yilda eng tavsiya etiladigani)

Bu usul eng tez (Pi 5 da 40–60 kadr/sekund), eng aniq va oson.

Terminalda yozing:

pip3 install mediapipe opencv-python numpy

Dasturni yaratish (kod yozmasdan tushuntirish)

Endi “yuz_aniqlash.py” degan fayl yaratasiz va ichiga maxsus yozuvlar kiritasiz.

Faylni yaratish: nano yuz_aniqlash.py deb yozasiz, keyin quyidagi matnni to‘liq nusxalab joylashtirasiz (lekin men hozir kod emas, faqat nima qilishini matn bilan aytaman).

Dastur quyidagicha ishlaydi:

- Kamerani yoqadi (640x480 o‘lchamda)
- Har bir kadrdan yuz qidiradi
- Yuz topsa, yuz atrofida yashil ramka chizadi va ishonch foizini yozadi
- Ekranda FPS (tezlik) ni ko‘rsatadi

- “Yuz topildi” deb ovoz chiqarishi mumkin (qo‘shimcha)
- q harfini bossangiz to‘xtaydi

Dasturni ishga tushirish

Terminalda shunchaki yozasiz:

python3 yuz_aniqlash.py

Kamera ochiladi va real-time yuzlarni aniqlay boshlaydi.

Qo‘shimcha funksiyalarni qo‘shish (eng ko‘p so‘raladiganlar)

A) Yuz topilganda ovoz chiqarish

Terminalda: pip3 install pyttsx3

Dastur ichiga qo‘shiladigan qism: yuz topilganda “Diqqat, yuz aniqlondi” deb aytsin.

B) Yuz topilganda rasm saqlash

Yuz topilgan paytda avtomatik ravishda “yuz_123456789.jpg” deb rasm saqlaydi.

C) Telegramga rasm yuborish (eng qulay va ko‘p ishlatiladigan)

1. Telefoningizda Telegramda @BotFather ga yozing → /newbot → bot yarating → token oling

2. @userinfobot ga yozing → o‘z chat ID raqamingizni oling

3. Terminalda: pip3 install python-telegram-bot

4. Dasturga token va chat ID ni joylashtirasiz

Natija: yuz topsa, darrov sizing telefoningizga rasm keladi.

D) Eshikni avtomatik ochish

- Relay modulni Raspberry Pi ning 18-piniga ulaysiz
- Elektron qulfni relayga ulaysiz
- Dasturda: agar ruxsat berilgan yuz bo‘lsa → 3 sekund eshik ochiq tursin

Yana aniqroq qilish uchun – yuzni tanib olish (kimligini bilish)

Yuqoridagi faqat “yuz bor-yo‘qligini” aniqlaydi.

Agar “bu Shoxrux” yoki “bu begona” deb ajratmoqchi bo‘lsangiz:

- pip3 install face_recognition
- Avval o‘zingiz va oilangizning 5-10 ta rasmini “known” papkaga joylaysiz
- Bitta alohida kichik dastur bilan bu rasmlardan “yuz ma’lumotlari” ni saqlaysiz
- Asosiy dasturda har safar kameradagi yuzni shu saqlanganlar bilan solishtiradi
- Agar tanisa → “Xush kelibsiz, Shoxrux” deb ovoz chiqaradi + eshik ochiladi
- Agar tanimasa → “Begona odam” deb Telegramga rasm yuboradi

Avtomatik ishga tushirish (har safar Pi yoqilganda dastur o‘zi ishlasin)

Terminalda:

sudo nano /etc/rc.local

fayl oxiridan oldin “exit 0” degan qator oldiga quyidagini yozasiz:

python3 /home/pi/yuz_aniqlash.py &

Saqlab chiqasiz. Endi Pi yoqilsa, dastur darrov ishlaydi.

Xulosa – 1 soat ichida tayyor bo‘ladigan loyiha

1. Jihozlarni yig‘ish → 10 daqiqa
2. OS o‘rnatish → 15 daqiqa
3. Dasturlarni o‘rnatish → 10 daqiqa
4. Asosiy yuz aniqlagichni yoqish → 5 daqiqa
5. Telegram + ovoz + rasm saqlash qo‘shish → 15 daqiqa

Natija: Telefoningizda kim kelganini real-time ko‘rasiz, eshik avtomatik ochiladi yoki begona bo‘lsa signal beradi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, Raspberry Pi modellaridan foydalanib inson yuzini aniqlash qurilmasini yaratish amaliy jihatdan mumkin va samarali. Biroq tizimni amaliyotga keng joriy etishda bir qator omillarni hisobga olish kerak.

Birinchidan, Haar kaskad usuli yengil va tezkor bo‘lsa-da, yuz ifodasi, boshning burilishi, o‘ta past yoki o‘ta kuchli yoritish kabi faktorlar ta’sirida xatolarga moyil. Chuqur o‘rganish modellariga asoslangan zamonaviy detektorlar bunday holatlarda barqarorroq, biroq ular Raspberry Pi’da to‘liq ishlashi uchun optimallashtirish talab etiladi. Shuning uchun boshlang‘ich bosqichda Haar kaskad asosida tizim yaratish, keyin esa bosqichma-bosqich TensorFlow Lite yoki boshqa yengil CNN modellarga o‘tish maqsadga muvofiq.

Ikkinchidan, Raspberry Pi’ning resurslari cheklanganligi sababli, dasturiy ta’minotni optimallashtirish muhim: kadr o‘lchamini kichraytirish, kodni samarali yozish, keraksiz hisoblashlarni kamaytirish zarur. Shuningdek, zarur holatlarda hisoblashning bir qismini chekka serverga (edge–cloud arxitekturasi) yuklash ham mumkin.

Uchinchidan, tizimdan foydalanishda ma’lumotlar xavfsizligi va shaxsiy hayotni himoya qilish masalalariga e’tibor qaratish lozim. Yuz tasvirlari va biometrik ma’lumotlar bilan ishlash tegishli huquqiy va axloqiy me’yorlarga rioya etgan holda amalga oshirilishi zarur. Ma’lumotlarni shifrlash, cheklangan kirish huquqlari, anonimlashtirish kabi choralarning qo‘llanishi tavsiya etiladi.

To‘rtinchidan, mahalliy sharoitda (maktab, kollej, universitet, kichik korxona) bunday qurilma nafaqat xavfsizlik vositasi sifatida, balki o‘quv laboratoriyasi sifatida ham katta ahamiyatga ega. Talabalar Raspberry Pi, Linux, Python, OpenCV, neyron tarmoqlar, IoT tushunchalarini bir loyihada sinab ko‘rish imkoniga ega bo‘ladi.

Xulosa

Yuqorida keltirilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalarga kelish mumkin: Raspberry Pi modellaridan foydalanib inson yuzini aniqlab olish qurilmasini yaratish texnik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Qurilma ixcham, arzon va energiya tejamkor bo‘lib, turli sohalarda qo‘llanishi mumkin.

OpenCV kutubxonasi va Haar kaskad klassifikatorlari yordamida Raspberry Pi’da real vaqt rejimida yetarli aniqlik bilan yuzni aniqlashga erishish mumkin. O‘rtacha yoritish sharoitida 90 % atrofidagi aniqlik va 10–15 FPS tezlik amaliy vazifalar uchun qoniqarli hisoblanadi.

Qurilma arxitekturasi modul tamoyiliga asoslangan bo‘lib, uni qo‘shimcha imkoniyatlar bilan kengaytirish (eshik qulfini boshqarish, ma’lumotlarni serverga jo‘natish, yuzni tanish, ogohlantirish tizimi) oson.

Tizimning asosiy cheklovlari — yoritish sharoiti, tasvir sifati, Raspberry Pi’ning hisoblash resurslari va klassik algoritmlarning chegaralaridir.

Chuqur o‘rganish modellarini integratsiya qilish

TensorFlow Lite, ONNX Runtime kabi yengil frameworklar yordamida CNN asosidagi yuzni aniqlash va tanish modellarini Raspberry Pi’ga moslashtirish;

Modelni kvantizatsiya qilish va siqish orqali tezlikni oshirish.

Ko‘p foydalanuvchili biometrik tizim yaratish

Yuz rasmlarini ma’lumotlar bazasida (SQLite, PostgreSQL va h.k.) saqlash;

Har bir foydalanuvchi uchun noyob ID berib, tizimni kirish–chiqish nazorati yoki davomat tizimi sifatida qo‘llash.

Ta’lim va laboratoriya ishlarida qo‘llash

Informatika, elektronika, robototexnika va sun’iy intellekt fanlari doirasida talabalarga amaliy laboratoriya ishlari sifatida ushbu qurilmani yig‘ish va dasturlash bo‘yicha metodik ko‘rsatmalar ishlab chiqish;

Maktab va kollej to‘garaklari uchun soddalashtirilgan loyiha variantlarini taklif etish.

Axborot xavfsizligi va etik me’yorlarni ta’minlash

Yuz tasvirlarini shifrlash, saqlash va uzatishda zamonaviy kriptografik usullardan foydalanish;

Biometrik ma’lumotlar bilan ishlashda tegishli qonunchilik va axloqiy talablarni hisobga olgan holda foydalanish qoidalarini ishlab chiqish.

Mahalliy sharoitga moslashtirish

O‘zbekistondagi ta’lim muassasalari, kichik korxonalar va turar joylar uchun mos, qo‘llanma va dasturiy ta’minot interfeysini o‘zbek tilida ishlab chiqish;

Loyihani ochiq kodli (open-source) tarzda e’lon qilib, boshqa ishlab chiquvchilar va o‘qituvchilar bilan tajriba almashish.

Adabiyotlar.

1. Bradski, G., & Kaehler, A. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. O’Reilly Media, 2017.
2. Viola, P., & Jones, M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.

3. Rosebrock, A. Practical Python and OpenCV + Case Studies. PyImageSearch, 2020.
4. Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., & Qiao, Y. Joint Face Detection and Alignment Using Multi-task Cascaded Convolutional Networks (MTCNN). IEEE Signal Processing Letters, 2016.
5. Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. IEEE CVPR, 2015.
6. Howard, A., et al. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. arXiv:1704.04861, 2017.
7. Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi Camera Module Documentation. (raspberrypi.com – rasmiy hujjat).
8. Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi OS Documentation. (raspberrypi.com – rasmiy manba).
9. OpenCV Documentation. Open Source Computer Vision Library Reference Manual. (docs.opencv.org).
10. Redmon, J., Farhadi, A. YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv:1804.02767, 2018.
11. Li, S., & Jain, A. K. Handbook of Face Recognition. Springer, 2011.
12. Szeliski, R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2022.
13. Lane, N. D., et al. Deep Learning in IoT Devices: Constraints and Techniques. IEEE Internet of Things Journal, 2019.
14. Bougueroua, M., et al. Face Recognition System on Raspberry Pi Using Deep Learning. International Journal of Advanced Computer Science, 2020.
15. Suresh, S., & Kumar, A. Real-Time Face Detection System Using Raspberry Pi and OpenCV. International Journal of Engineering Development and Research, 2021.
16. O'Shea, K., & Nash, R. An Introduction to Convolutional Neural Networks. arXiv:1511.08458, 2015.