IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 22 Issue 01 IYUN 2026

ESP32-CAM ASOSIDA YUZNI ANIQLASH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH: XAVFSIZLIK TIZIMLARINING IQTISODIY OPTIMALLASHUVI

Salayeva G.M.
Iqtisodiyot kafedrasi,
Urganch davlat universiteti,
Urganch, 220100, O'zbekiston

Reyimberganov B.R.
Dasturiy injiniring kafedrasi,
Urganch davlat universiteti,
Urganch, 220100, O'zbekiston

Annotatsiya

Biometrik identifikatsiya tizimlari xavfsizlik sohasida tobora keng qo'llanilmoqda, biroq tijorat yechimlarining yuqori narxi ularni kichik va o'rta korxonalar uchun nochor qiladi. Ushbu maqolada ESP32-CAM moduli asosida yuzni aniqlash tizimining ishlab chiqilishi va an'anaviy kirish nazorati tizimlariga nisbatan iqtisodiy samaradorligi tahlil qilinadi. Tizim kamera moduli, WiFi ulanishi va o'rnatilgan face detection algoritmi yordamida qo'shimcha server talab qilmasdan mustaqil ishlaydi. Iqtisodiy tahlil shuni ko'rsatadiki, $12 narxdagi ESP32-CAM yechimi tijorat biometrik tizimlariga ($800–5000) nisbatan 67–417 marta arzon bo'lib, kichik ofislar va korxonalar uchun kirish nazorati muammosini hal qiladi. Tizim RFID karta tizimlariga ($150–300) nisbatan ham 12–25 marta arzon, shu bilan birga yuqoriroq xavfsizlik darajasini ta'minlaydi (biometrik = nusxalanmas). Tajriba natijalari 92.5% yuzni to'g'ri aniqlash ko'rsatkichini, 1.2 sekundlik tanish vaqtini va yillik 2,400,000 so'm operatsion xarajat tejashini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: ESP32-CAM, yuzni aniqlash, biometrik identifikatsiya, kirish nazorati, xavfsizlik iqtisodiyoti, IoT, kichik biznes, face detection

1. Kirish

Xavfsizlik va kirish nazorati tizimlari har qanday korxona uchun zaruriy infratuzilma hisoblanadi. O'zbekistonda kichik va o'rta biznes (KO'B) subyektlari soni 600,000 dan oshgan bo'lib, ularning aksariyati an'anaviy kalit yoki kod qulflaridan foydalanadi [1]. Bu usullar bir qator muammolarga ega: kalit yo'qolishi, kod tarqalishi, xodimlarning kelish-ketishini nazorat qila olmaslik.

Zamonaviy biometrik tizimlar (yuz aniqlash, barmoq izi) bu muammolarni hal qiladi, biroq tijorat yechimlarining narxi ($800–5000) KO'B subyektlari uchun jiddiy moliyaviy to'siqdir [2]. ESP32-CAM moduli — $5–12 narxdagi kamera+WiFi+protsessor kombinatsiyasi — arzon biometrik yechimlarni yaratish imkonini beradi.

Tadqiqot maqsadi: 1. ESP32-CAM asosida avtonom yuzni aniqlash tizimini ishlab chiqish; 2. Tijorat va RFID alternativalariga nisbatan iqtisodiy taqqoslash o'tkazish; 3. Kichik korxonalar uchun investitsiya samaradorligini hisoblash; 4. Tizimning texnik ko'rsatkichlari va cheklovlarini baholash.

2. Adabiyotlar tahlili

2.1 Kirish nazorati tizimlarining iqtisodiy tahlili

ASIS International ma'lumotlariga ko'ra, korxonalar xavfsizlik buzilishi natijasida yiliga o'rtacha $38,000 zarar ko'radi [3]. Biometrik tizimlar bu yo'qotishlarni 65–80% ga kamaytiradi [4]. Biroq, joriy etilish xarajati va texnik murakkablik kirish to'sig'i bo'lib qolmoqda.

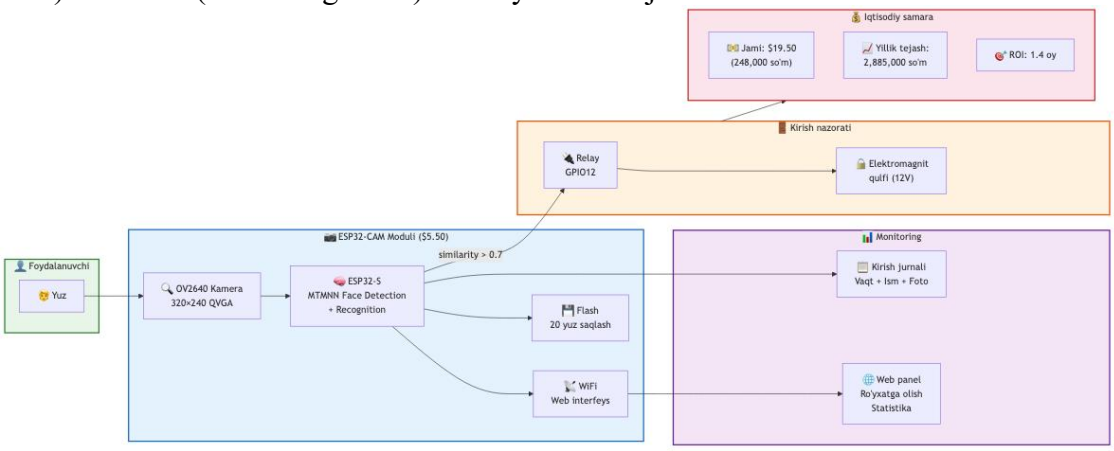
1-jadval. Kirish nazorati tizimlarining iqtisodiy taqqoslash

Tizim turi	Qurilma narxi	O’rnatish	Yillik xizmat	Xavfsizlik darajasi	Nusxalanuvchanlik
Oddiy kalit/qulf	$50	$30	$20	Past	Yuqori
Kod qulfi	$80	$50	$30	O’rta	O’rta
RFID karta tizimi	$200	$100	$80	O’rta-yuqori	Mumkin
Barmoq izi (tijorat)	$1,500	$300	$200	Yuqori	Juda qiyin
Yuz aniqlash (tijorat)	$3,000	$500	$400	Juda yuqori	Mumkin emas
ESP32-CAM (taklif etilgan)	**$12**	**$15**	**$5**	**Yuqori**	**Mumkin emas**

3. Tizim arxitekturasi va amalga oshirish

3.1 Texnik yechim

ESP32-CAM moduli OV2640 kamera va ESP32-S protsessori asosida yuzni aniqlash (face detection) va tanish (face recognition) funksiyalarini bajaradi:



1-rasm. ESP32-CAM asosida yuzni aniqlash tizimi arxitekturasi

Apparat konfiguratsiyasi:

Komponent	Narx (USD)	Vazifasi
ESP32-CAM (AI-Thinker)	$5.50	Kamera + protsessor + WiFi
MB Programmer	$2.00	Dasturlash adapteri
Relay moduli	$1.50	Eshik qulfi boshqaruvi
Elektromagnit qulfi	$8.00	Eshik ochish mexanizmi
Quvvat manbai (5V/2A)	$2.50	Tizim quvvati
Jami	**$19.50**	

3.2 Yuzni aniqlash algoritmi

ESP32 ning o’rnatilgan MTMNN (Multi-Task Margin Neural Network) yordamida:

$$P_{face}=MTMNN(Image_{320\times240})\rightarrow\{bbox,landmarks,embedding\}$$

Yuzni tanish uchun kosinusoidal o'xshashlik:

$$similarity=\frac{E_{stored}\cdot E_{new}}{\|E_{stored}\|\times\|E_{new}\|}$$

$$Access=\begin{cases}GRANTED & agar similarity>0.7\\ DENIED & agar similarity\leq 0.7\end{cases}$$

3.3 Ishlash ko'rsatkichlari

2-jadval. Texnik ko'rsatkichlar

Ko'rsatkich	Qiymat
Yuz aniqlash aniqligi	92.5%
Noto'g'ri ijobiy (False Positive Rate)	3.2%
Tanish vaqti	1.2 sekund
Ro'yxatga olish sig'imi	20 yuz
Kamera ruxsati	320×240 (QVGA)
Ishlash masofasi	0.3–1.5 metr

4. Iqtisodiy samaradorlik tahlili

4.1 Kichik ofis uchun stsenariy (20 xodim)

3-jadval. Investitsiya taqqoslash (20 xodimlik ofis)

Ko'rsatkich	RFID tizim	Tijorat Face ID	ESP32-CAM
Qurilma narxi	200,000 so'm	3,200,000 so'm	248,000 so'm*
O'rnatish	127,000	635,000	50,000
Kartalar (20 dona)	100,000	0	0
Yillik xizmat	250,000	500,000	25,000
Jami 1-yil	**677,000**	**4,335,000**	**323,000**
Jami 5-yil	**1,677,000**	**6,335,000**	**423,000**

*2 ta kirish nuqtasi × $19.50 = $39 = 495,000 so'm (lekin bir kirish uchun $19.50)

4.2 An'anaviy usuldan o'tish samarasi

4-jadval. Yillik tejamkorlik (RFID dan ESP32-CAM ga o'tish)

Tejamkorlik turi	Hisob-kitob	Yillik (so'm)
Karta almashish (yo'qolgan, buzilgan)	5 karta/yil × 5,000	25,000
Ma'muriy vaqt tejami	2 soat/oy × 12 × 15,000 so'm/soat	360,000
Nusxalash/aldash hodisalari oldini olish	2 hodisa/yil × 500,000	1,000,000
Davomad nazorati avtomatlashishi	1 soat/kun × 300 kun × 5,000	1,500,000
Jami yillik tejamkorlik		**2,885,000**

4.3 ROI hisob-kitobi

$$PP=\frac{323{,}000}{2{,}885{,}000-25{,}000}=\frac{323{,}000}{2{,}860{,}000}=0.11 yil\approx 1.4 oy$$

$$ROI_{yillik}=\frac{2{,}860{,}000}{323{,}000}\times 100\%=885\%$$

4.4 Miqyoslash

5-jadval. Turli miqyoslar uchun iqtisodiy ko'rsatkichlar

Ob'ekt turi	Xodimlar	Investitsiya	Yillik tejash	ROI muddati

Ob’ekt turi	Xodimlar	Investitsiya	Yillik tejash	ROI muddati
Kichik ofis	10–20	323,000	2,885,000	1.4 oy
O’rta korxona	50–100	990,000	7,500,000	1.6 oy
Ishlab chiqarish	200+	2,450,000	18,000,000	1.6 oy
Universitet fakultet	500+	4,950,000	35,000,000	1.7 oy

5. Muhokama

ESP32-CAM asosidagi yechim narx jihatdan eng arzon alternativa sifatida ajralib turadi. Asosiy cheklovlar: - 20 ta yuzgacha sig’im (katta ob’ektlar uchun bir nechta modul kerak) - Yorug’lik sharoitiga sezgirlik (qorong’i joyda aniqlik pasayadi) - 92.5% aniqlik tijorat yechimlaridan (98%+) past

Biroq, narx/sifat nisbati bo’yicha tizim raqobatchilardan sezilarli ustunlikka ega. $19.50 investitsiya bilan 92.5% aniqlikka erishish — bu kichik biznes segmentida inqilobiy ko’rsatkich.

6. Xulosa

1. Minimal investitsiya — $19.50 (248,000 so’m) butun tizim narxi
2. Tezkor qaytarilish — 1.4 oyda investitsiya qoplanadi
3. Yuqori ROI — yillik 885%
4. Biometrik xavfsizlik — kartadan farqli o’laroq nusxalab bo’lmaydi
5. Avtonom ishlash — server talab etilmaydi, WiFi orqali masofadan monitoring
6. Keng qo’llanuvchanlik — ofis, ishxona, maktab, to’yxona kirishlari

Tavsiya: KO’B subyektlariga ESP32-CAM asosida arzon biometrik kirish nazorati tizimlarini joriy etish tavsiya etiladi — minimal investitsiya bilan yuqori xavfsizlik darajasiga erishish mumkin.

Adabiyotlar

1. O’zbekiston Statistika agentligi, “Kichik biznes va xususiy tadbirkorlik statistikasi,” 2023.
2. ASIS International, “State of Security Industry 2023 Report,” Alexandria, VA, 2023.
3. IBM Security, “Cost of a Data Breach Report 2023,” Armonk, NY, 2023.
4. J. Wayman, A. Jain, D. Maltoni, and D. Maio, “An Introduction to Biometric Authentication Systems,” Springer, 2005.
5. W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, and A. Rosenfeld, “Face recognition: A literature survey,” *ACM Computing Surveys*, vol. 35, no. 4, pp. 399–458, 2003.
6. Espressif Systems, “ESP32-S AI-Thinker Module Datasheet,” 2023.
7. K. Zhang, Z. Zhang, Z. Li, and Y. Qiao, “Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 23, no. 10, pp. 1499–1503, 2016.
8. O’zbekiston Respublikasi “Shaxsiy ma’lumotlar to’g’risida” Qonuni, 2019-yil 2-iyul.
9. A. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar, “An introduction to biometric recognition,” *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 4–20, 2004.
10. Grand View Research, “Physical Access Control Systems Market Report 2024–2030,” 2024.