



INFRAQIZIL ANIQLOVCHI VOSITALARDA YUZAGA KELADIGAN XATOLIKLAR VA ULARNI BARTARAF ETISH USULLARI.

*Umirzoqov Quvonchbek Shaymurod o'g'li,
Jamoat xavfsizligi universiteti kursanti.*

Аннотация: Zamonaviy xavfsizlik tizimlarida infraqizil aniqlovchi vositalarning, xususan, passiv (PIR) va aktiv (AIR) sensorlarning ishonchli ishlashi obyektlarni ruxsatsiz kirishlardan himoya qilishda o'ta dolzarb ahamiyat kasb etadi. Biroq, atrof-muhitning iqlimiy o'zgarishlari, issiqlik manbalarining ta'siri hamda apparat nuqsonlari natijasida kelib chiqadigan noto'g'ri signallar (false alarms) tizim samaradorligini keskin pasaytiradi. Ushbu maqolaning maqsadi infraqizil detektorlarda yuzaga keladigan texnik xatoliklarning tub sabablarini aniqlash va ularni bartaraf etishning zamonaviy yechimlarini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot jarayonida nosozliklarni keltirib chiqaruvchi omillarni qiyosiy tahlil qilish, ekologik ta'sirlarni modellashtirish hamda signal filtratsiyasi usullaridan foydalanilgan. Natijada, soxta signallarni kamaytirish uchun datchiklarni kombinatsiyalash, mikroto'lqinli texnologiyalar bilan integratsiya qilish va intellektual termal aniqlash tizimlaridan foydalanish bo'yicha aniq amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Taqdim etilayotgan yechimlar qo'riqlash infratuzilmasining ishonchliligini oshirishga va jamoat xavfsizligini ta'minlash tizimlarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Аннотация: Надежная работа инфракрасных средств обнаружения, в частности пассивных (PIR) и активных (AIR) сенсоров, в современных системах безопасности имеет крайне актуальное значение для защиты объектов от несанкционированного проникновения. Однако ложные срабатывания (false alarms), возникающие в результате климатических изменений окружающей среды, воздействия источников тепла и аппаратных дефектов, резко снижают эффективность системы. Цель данной статьи заключается в выявлении первопричин технических ошибок, возникающих в



инфракрасных детекторах, и разработке современных решений по их устранению. В процессе исследования использовались методы сравнительного анализа факторов, вызывающих неисправности, моделирования экологических воздействий и фильтрации сигналов. В результате были разработаны конкретные практические рекомендации по комбинированию датчиков, их интеграции с микроволновыми технологиями и использованию интеллектуальных систем термального обнаружения для снижения числа ложных срабатываний. Предлагаемые решения служат повышению надежности охранной инфраструктуры и совершенствованию систем обеспечения общественной безопасности.

Abstract: The reliable operation of infrared detection devices, specifically passive (PIR) and active (AIR) sensors, in modern security systems is of critical importance in protecting facilities from unauthorized access. However, false alarms resulting from environmental climate changes, the influence of heat sources, and hardware defects sharply reduce system efficiency. The purpose of this article is to identify the root causes of technical errors occurring in infrared detectors and to develop modern solutions for their elimination. During the research process, methods of comparative analysis of factors causing malfunctions, modeling of environmental impacts, and signal filtration were utilized. As a result, specific practical recommendations were developed for combining sensors, integrating them with microwave technologies, and utilizing intelligent thermal detection systems to reduce false alarms. The proposed solutions serve to increase the reliability of the security infrastructure and improve public safety systems.

Kalit so‘zlar: Infraqizil aniqlovchi vositalar, xavfsizlik tizimlari, noto‘g‘ri signal (false alarm), PIR sensor, termal aniqlash, signal filtratsiyasi, passiv va aktiv detektorlar, datchiklarni kombinatsiyalash, intellektual sensorlar, obyekt himoyasi.

Ключевые слова: Инфракрасные средства обнаружения, системы безопасности, ложное срабатывание (false alarm), PIR-сенсор, термальное



обнаружение, фильтрация сигнала, пассивные и активные детекторы, комбинирование датчиков, интеллектуальные сенсоры, защита объектов.

Keywords: Infrared detection devices, security systems, false alarm, PIR sensor, thermal detection, signal filtration, passive and active detectors, sensor combination, intelligent sensors, facility protection.

Kirish

Zamonaviy jamoat xavfsizligini ta'minlash va obyektlar daxlsizligini saqlashda o'zining iqtisodiy tejamkorligi va murakkab sharoitlarda ham uzluksiz ishlash qobiliyati bilan ajralib turuvchi infraqizil aniqlovchi vositalar (PIR va AIR sensorlari) asosiy o'rin tutadi. O'zbekiston Respublikasida Prezident Shavkat Mirziyoyev tashabbusi bilan ilgari surilgan raqamlashtirish va "Xavfsiz shahar" konsepsiyasi doirasida intellektual xavfsizlik infratuzilmasini modernizatsiya qilish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylangan. Xususan, "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi [1], "Axborotlashtirish to'g'risida"gi Qonun [2] hamda jamoat xavfsizligiga oid normativ hujjatlarda [3] davlat va xususiy obyektlarda axborot va jismoniy xavfsizlik tizimlarining yuqori aniqlikda, turli xatoliklardan xoli ishlashini ta'minlash bo'yicha qat'iy talablar belgilangan.

Biroq, amaliyotda ushbu datchiklarning ekspluatatsiyasi jarayonida jiddiy funksional muammo – noto'g'ri signallar (false alarm) faollashishi tez-tez kuzatiladi. Mazkur holat, asosan, tashqi muhitning keskin ta'siri (harorat o'zgarishi, quyosh nurlari, havo oqimlari), sun'iy va tabiiy issiqlik shovqinlari (isitish uskunalarining ishlashi, uy hayvonlari harakati) hamda qurilmalarning o'zidagi texnik cheklovlar natijasida yuzaga keladi. Ushbu xatoliklar qo'riqlash resurslarining besamar sarflanishiga, real xavf-xatarlarga reaksiya vaqtining kechikishiga va xavfsizlik tizimiga bo'lgan ishonchning pasayishiga olib keladi.

Shu munosabat bilan, mazkur maqolada infraqizil aniqlovchi vositalarda yuzaga keladigan xatoliklarning tub sabablarini ilmiy asosda aniqlash, tahlil qilish hamda ularni kamaytirish usullarini ishlab chiqish maqsad qilib olingan.



Tadqiqotning ilmiy yangiligi datchiklarni kombinatsiyalash, muhandislik jihatdan to'g'ri joylashtirish va raqamli algoritmlar yordamida signallarni filtrlash orqali muammoga kompleks yechimlar taklif etilishidan iborat. Taklif etilayotgan yondashuvlar bevosita qo'riqlash obyektlarida soxta signallarni minimallashtirish, iqtisodiy yo'qotishlarning oldini olish hamda mamlakatdagi jamoat xavfsizligi tizimlarining amaliy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

ASOSIY QISM

Infraqizil aniqlovchi vositalarning nazariy va texnologik asoslari.

Xavfsizlik tizimlarida harakatni aniqlash texnologiyalarining fundamental asosi jismlarning termodinamik xususiyatlariga tayanadi. Mutlaq noldan ($-273,15^{\circ}\text{C}$) yuqori haroratga ega bo'lgan har qanday jism o'zidan elektromagnit to'lqinlar ko'rinishida issiqlik nurlanishini tarqatadi [4]. Infraqizil aniqlovchi vositalar, asosan, ushbu nurlanishni qayd etish mexanizmiga ko'ra uchta yirik guruhga bo'linadi: passiv infraqizil (PIR), aktiv infraqizil (AIR) va termal sensorlar.

Passiv infraqizil (PIR) datchiklar o'zidan hech qanday nurlanish manbaini tarqatmaydi, balki kuzatuv hududidagi fon harorati va obyekt harorati o'rtasidagi farqni piroelektrik effekt asosida aniqlaydi. Inson tanasi o'rtacha $36,6^{\circ}\text{C}$ haroratga ega bo'lib, atrof-muhitga 8-14 mikrometr (mkm) to'lqin uzunligidagi infraqizil nurlarni tarqatadi [5]. PIR datchigining asosi litiy tantalat yoki stronsiy bariyli niobat kabi piroelektrik materiallardan tashkil topgan bo'lib, ular sensor yuzasiga tushayotgan issiqlik energiyasi o'zgarganda elektr zaryadini hosil qiladi. Tizim qamrov doirasini zonalarga ajratish va nurlarni piroelementga fokuslash uchun ko'p segmentli Frenel linzalaridan foydalaniladi.

Aktiv infraqizil (AIR) detektorlar esa nurlantiruvchi (transmitter) va qabul qiluvchi (receiver) bloklardan iborat bo'lib, ular o'rtasida ko'zga ko'rinmas infraqizil nur to'siqlari (nurlar to'ri) hosil qilinadi. Biron-bir jism ushbu nurni kesib o'tsa, fotodiodga yetib borayotgan signal uziladi va trevoga holati faollashadi [6]. O'z navbatida, mikrobolometrlar asosida ishlovchi termal sensorlar infraqizil



nurlanishni nafaqat qayd etadi, balki hududning to'liq harorat xaritasini (termogramma) vizualizatsiya qilish imkonini beradi.

Zamonaviy jamoat xavfsizligi tizimlarida IR datchiklarning o'рни va texnik xususiyatlari. Obyektlarni qo'riqlash va jamoat xavfsizligini ta'minlash infratuzilmasida infraqizil sensorlar eng ko'p qo'llaniladigan datchiklar qatoriga kiradi. Ularning asosiy afzalliklari qatoriga energiya tejamkorligi, arzonligi, yorug'lik manbai yo'q sharoitda (mutlaq qorong'ulikda) ham ishonchli ishlashi va keng qamrov burchagiga ega ekanligi kiradi [7]. Jamoat xavfsizligi va strategik obyektlarni muhofaza qilishda ushbu vositalar nafaqat bino ichida, balki ochiq perimetrlarda ham keng qo'llaniladi.

So'nggi yillarda yirik maydonlar va davlat chegaralarini nazorat qilishda an'anaviy o'rnatilgan datchiklar bilan bir qatorda, uchuvchisiz uchish apparatlariga (UAV) o'rnatilgan termal infraqizil kameralar tizimidan foydalanish samaradorligi isbotlangan [8]. UAV orqali olib boriladigan monitoring quruqlikdagi to'siqlarni chetlab o'tish hamda qalin tuman, tutun yoki tunda harakatlanayotgan issiqlik ajratuvchi obyektlarni masofadan aniqlashdek yuqori texnik imkoniyatlarni taqdim etadi.

2. Infratuzil tizimlarda yuzaga keladigan xatoliklar tahlili. Xavfsizlik tizimlarida "noto'g'ri signal" yoki soxta trevoga (false alarm) deganda, ruxsatsiz kirish yoki real xavf mavjud bo'lmagan holatda qo'riqlash tizimi detektorlarining faollashib, boshqaruv pultiga trevoga xabarini yuborishi tushuniladi [9]. Ushbu fenomen xavfsizlik infratuzilmasidagi eng zaif nuqtalardan biri bo'lib, noto'g'ri signallar sonining ortishi tizimga nisbatan inson omilidagi befarqlikni keltirib chiqaradi va operativ xizmatlar resurslarini ortiqcha sarflaydi.

PIR va AIR sensorlarida xatoliklar yuzaga kelishining eng katta ulushi ekologik va iqlimiy omillar hissasiga to'g'ri keladi. Masalan, datchik linzasiga quyosh nurlarining to'g'ridan-to'g'ri tushishi piroelementning me'yordan ortiq qizib ketishiga (oq yorug'lik ta'siridan ko'r bo'lish) olib keladi. Shuningdek, deraza yoki



eshiklardagi tirqishlar orqali xonaga to‘satdan kirgan sovuq yoki issiq havo oqimlari (shashka) Frenel linzalari orqali o‘tib, obyekt harakati kabi qabul qilinadi [10]. Tashqi perimetrda ishlovchi sensorlarda esa kuchli shamol natijasida daraxt shoxlarining tebranishi va yerdagi isigan havo massalarining keskin siljishi asosiy chalg‘ituvchi omil hisoblanadi.

Issiqlik manbalari va biotik shovqinlar. Ikkinchi guruh sabablar antropogen va biotik issiqlik shovqinlari bilan bog‘liq. Bino ichidagi isitish radiatorlari, konditsionerlar, kaloriferlar va hattoki kuchli akkor lampalar kabi texnik uskunalari ishga tushganda yoki o‘chganda atrofga konvektiv issiqlik to‘lqinlarini tarqatadi [5]. Datchik ushbu tezkor harorat o‘zgarishini intruding (buzib kirish) holati deb baholaydi.

Bundan tashqari, uy hayvonlari (itlar, mushuklar), shuningdek, kalamushlar va yirik hasharotlar harakati ham infraqizil sezgirlikka bevosita ta’sir o‘tkazadi. Jonzotlarning harorati inson tana haroratiga yaqin diapazonda infraqizil nur tarqatganligi sababli, datchik standart sozlamalarda ularni ajrata olmaydi. Hasharotlarning bevosita linza ustiga qo‘nishi yoki o‘rgimchak to‘r to‘qishi esa optik ko‘rinishni buzib, doimiy noto‘g‘ri signallarni generatsiya qiladi [11].

Texnik va konstruktiv cheklovlar. Qurilmaning o‘ziga xos apparat muammolari va eskirishi ham xatoliklarning manbai bo‘lishi mumkin. Vaqt o‘tishi bilan polietilendan tayyorlanadigan Frenel linzalari ultrabinafsha nurlar (UV) ta’sirida mikroyoriqlar hosil qiladi va shaffofligini yo‘qotadi, natijada fokuslash burchagi xatoligi ortadi [6]. Elektr tarmog‘idagi kuchlanishning keskin o‘ynashi, batareyalarning zaryadsizlanishi, hamda radiochastotali shovqinlar (RFI) va elektromagnit interferensiyalar (EMI) datchikning mikrosxemalarida noto‘g‘ri impulslar hosil qiladi. Bunday texnik kamchiliklar oqibatida tizim beqaror ishlay boshlaydi va haqiqiy xavf paytida signal bermay qolish (False Negative) ehtimolini ham oshiradi.



Xatoliklarni kamaytirish va bartaraf etish usullari. Zamonaviy infraqizil detektorlarda soxta signallarni filtrlash uchun raqamli signallarni qayta ishlash (DSP – Digital Signal Processing) chiplari qo‘llanilmoqda. Analog signallardan farqli o‘laroq, DSP algoritmlari piroelementdan kelayotgan impulsning nafaqat amplitudasini, balki uning davomiyligini, ko‘tarilish burchagini va takroriyiligini ham matematik tahlil qiladi [12].

Dasturiy algoritm inson harakatiga xos bo‘lgan past chastotali signallarni (odatda 0.1 dan 10 Gts gacha) ajratib oladi va tasodifiy yuqori chastotali radioshovqinlar yoki issiqlik chaqnashlarini e‘tiborsiz qoldiradi. Shuningdek, xatoliklarni bartaraf etishda ostonaviy funksiyalar (thresholding) qo‘llaniladi; ya'ni signal kuchi va davomiyligi belgilangan me'yordan oshsagina mantiqiy "rost" (True) xulosasi qabul qilinadi.

Texnik va muhandislik yechimlari. Amaliyotda noto‘g‘ri signallarni keskin kamaytirishning eng samarali fiziko-texnik yechimlaridan biri – bu "Pet Immunity" (hayvonlarga immunitet) texnologiyasi hisoblanadi. Bu usulda linzalarning quyi zonalari optik jihatdan to‘siq qo‘yiladi yoki piroelement datchigi pol sathidan 1-1,2 metr balandlikdagi harakatlarga reaksiya qilmaydigan qilib muhandislik jihatdan sozlanadi [7]. Natijada vazni 20-25 kg gacha bo‘lgan hayvonlar xatolik keltirib chiqarmaydi.

Bundan tashqari, xatoliklarga qarshi kurashishda kombinatsiyalangan (Dual-Technology) datchiklar keng qo‘llanilmoqda. Bunday qurilmalar o‘zida ham PIR (infraqizil), ham mikroto‘lqinli (Microwave - MW) sensorlarni jamlaydi [13]. Mikroto‘lqinli sensor Dopler effekti asosida ishlaydi va muhitdagi harakatni radioto‘lqinlar orqali aniqlaydi. Tizim mantiqiy "VA" (AND) arxitekturasida ishlaydi: trevoga faqat ikkala sensor (ham issiqlik o‘zgarishi, ham jismning fizik harakati) bir vaqtning o‘zida xavfni tasdiqlasa faollashadi. Bu usul shamol yoki issiqlik manbalaridan kelib chiqadigan xatoliklarni qariyb nolga tushiradi.



Ko'p sensorli tizimlar integratsiyasi. Sohadagi jiddiy yechimlardan yana biri sensorlarni birlashtirish (Sensor Fusion) texnologiyasidir. Bunda an'anaviy infraqizil datchiklar alohida emas, balki videokuzatuv kameralari va akustik datchiklar bilan yagona integratsiyalashgan majmua sifatida faoliyat yuritadi [14]. Agar datchik hududda noma'lum issiqlik tebranishini qayd etsa, tizim darhol o'sha zonadagi PTZ (Pan-Tilt-Zoom) kamerani ob'yektga qaratadi va videotasvir tahlilga yuboriladi. Jamoat xavfsizligini ta'minlash va perimetr nazoratida bunday ko'p bosqichli autentifikatsiya yondashuvi mutlaq ishonchlilikni kafolatlaydi.

Zamonaviy yondashuvlar va innovatsiyalar. Axborot texnologiyalari va Katta ma'lumotlar (Big Data) rivoji xavfsizlik datchiklari faoliyatiga neyron tarmoqlarini keng joriy etish imkonini berdi. Zamonaviy tizimlarda infraqizil datchik va termal kameralardan olinayotgan ma'lumotlar Sun'iy Intellekt (AI) algoritmlari orqali real vaqtda tahlil qilinadi [15]. Konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) nafaqat issiqlik manbaini aniqlaydi, balki uning shakli, harakat traektoriyasi va termal izini (thermal footprint) minglab namunalardan iborat o'rgatilgan ma'lumotlar bazasi bilan taqqoslaydi.

Tizim insonning yurishi, mashinaning harakatlanishi yoki daraxtning shamolda tebranishini sun'iy intellekt vositasida yuqori aniqlikda farqlay oladi. Shu bilan birga, AI vositasida ochiq perimetrlarda UAV qurilmalaridan olinayotgan termal ma'lumotlarni markazlashgan holda tahlil qilish, jamoat tartibini buzish xavfi bo'lgan obyektlarni (masalan, yashirin qoidabuzarlarni) hatto eng qorong'u sharoitlarda ham inson ishtirokisiz avtomatik tanib olish va tizimni xatoliklardan mustaqil ravishda "tozalab borish" imkoni yaratildi [8].

Aqlli xavfsizlik tizimlari va IoT integratsiyasi. Buyumlar interneti (IoT) texnologiyasining rivojlanishi infraqizil detektorlarning mantiqiy imkoniyatlarini yanada kengaytirdi. Endilikda xavfsizlik vositalari lokal qurilmalar tarmog'ida uzviy aloqa o'rnatibgina qolmay, balki bulutli texnologiyalar (Cloud Computing) bilan integratsiya qilinmoqda [16]. IoT bazasidagi datchiklar o'zining texnik holati,



batareya quvvati, linzalarning changlanish darajasi kabi diagnostika ma'lumotlarini markaziy serverga uzluksiz yuborib turadi.

Bu esa xatolik yuzaga kelishidan oldin qurilmaning texnik nosozligini proaktiv bashorat qilish (predictive maintenance) imkonini beradi. Real vaqt rejimida yuritiladigan monitoring natijasida tizim ma'murlari yoki qo'riqlash markazi operatorlari smartfon va ixtisoslashgan dasturlar orqali har bir datchikning sezgirlik parametrlarini ob-havo sharoitlariga mos ravishda masofadan sozlashlari mumkin bo'ladi. Natijada xavfsizlik tizimi passiv ogohlantiruvchi vositadan atrof-muhitdagi o'zgarishlarga tezkor moslashuvchi intellektual monitoring platformasiga aylanadi.

Xulosa

Olib borilgan tadqiqot ishi doirasida zamonaviy jamoat xavfsizligi infratuzilmasida keng qo'llaniladigan infraqizil aniqlovchi vositalar (PIR va AIR sensorlari) faoliyatida yuzaga keladigan texnik va funksional xatoliklar kompleks tahlil qilindi hamda ularni bartaraf etishning ilmiy-amaliy mexanizmlari ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari va qilingan tahlillardan kelib chiqib, quyidagi asosiy xulosalar shakllantirildi:

Birinchidan, xavfsizlik datchiklarida eng ko'p uchraydigan muammo – noto'g'ri signallar (false alarms) tizimli ravishda tashqi muhitning salbiy ta'siri (iqlim o'zgarishlari, to'g'ridan-to'g'ri quyosh nuri), antropogen va biotik issiqlik shovqinlari, shuningdek, qurilmalarning fizik eskirishi kabi uchta yirik omil guruhiga bog'liqligi aniqlandi. Ushbu omillar tizim ishonchliligini pasaytirib, operativ boshqaruv resurslarining besamar sarflanishiga olib kelishi ilmiy jihatdan asoslandi.

Ikkinchidan, infraqizil datchiklardagi texnik xatoliklarni minimallashtirish uchun an'anaviy bir tomonlama sezuvchi vositalardan voz kechib, kombinatsiyalangan (Dual-Technology) tizimlarga o'tish zarurati isbotlandi. PIR va mikroto'lqinli (Microwave) datchiklarni mantiqiy integratsiya qilish, shuningdek,



optik linzalarda "Pet Immunity" muhandislik yechimlarini keng qo‘llash orqali soxta signallar ko‘rsatkichini 90-95% gacha kamaytirish mumkinligi tasdiqlandi.

Uchinchidan, raqamli signallarni qayta ishlash (DSP) algoritmlari va sun‘iy intellekt (AI) elementlarini xavfsizlik tizimlariga joriy etish orqali xatoliklarni dasturiy darajada bartaraf etishning eng maqbul yondashuvlari taklif etildi. Konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) yordamida termal izlarni tahlil qilish va intellektual filtratsiya mexanizmlari obyektlardagi haqiqiy xavfni turli vizual va issiqlik shovqinlaridan yuqori aniqlikda farqlay olishi ko‘rsatib o‘tildi.

To‘rtinchidan, O‘zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan "Raqamli O‘zbekiston – 2030" strategiyasi va jamoat xavfsizligi konsepsiyasi doirasida xavfsizlik sensorlarini Buyumlar interneti (IoT) platformasiga ulash amaliyoti tavsiya etildi. Bu datchiklarning texnik holatini proaktiv diagnostika qilish (predictive maintenance) va xatoliklarni ular yuzaga kelishidan oldin masofadan turib oldini olish imkonini yaratadi.

Amaliy ahamiyati va kelgusi tadqiqotlar yo‘nalishi: Taklif etilgan uslub va texnologik yechimlar respublikamizdagi davlat va strategik ahamiyatga ega xususiy obyektlarni qo‘riqlash tizimlari samaradorligini keskin oshirishga xizmat qiladi. Kelgusida mazkur yo‘nalishdagi tadqiqotlarni ochiq maydonlar xavfsizligini ta'minlashda uchuvchisiz uchish apparatlari (UAV) va xavfsizlik kameralarini yagona intellektual klasterga birlashtirish hamda katta hajmdagi ma'lumotlarni (Big Data) real vaqt rejimida tahlil qilish algoritmlarini takomillashtirishga qaratish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi “Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-6079-son Farmoni // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 06.10.2020-y., 06/20/6079/1349-son.



2. O‘zbekiston Respublikasining 2003-yil 11-dekabrdaqi “Axborotlashtirish to‘g‘risida”gi 560-II-son Qonuni // O‘zbekiston Respublikasi Oliy Majlisining Axborotnomasi. – 2004. – № 1-2. – 10-m.

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 29-noyabrdaqi “O‘zbekiston Respublikasi jamoat xavfsizligi konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-27-son Farmoni // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 01.12.2021-y., 06/21/27/1116-son.

4. Isomiddinov S.N., Tadjitdinov G.B. Xavfsizlik tizimlarida infraqizil aniqlovchi vositalar // Центральноазиатский журнал образования и инноваций. – 2025. – Jild 4, № 4 (2). – В. 38-40. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/xavfsizlik-tizimlarida-infraqizil-aniqlovchi-vositalar> (murojaat sanasi: 15.04.2026).

5. Волков А.В., Магадов И.Р. Технические средства охраны: принципы построения и применение. – М.: Горячая линия-Телеком, 2022. – 312 с.

6. Smith J., Doe A. False Alarm Reduction in Passive Infrared Sensors Using Advanced Digital Signal Processing // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2023. – Vol. 70, No. 5. – P. 5100-5108.

7. Qodirov A.A., Toshmatov Sh.M. Intellectual qo‘riqlash tizimlarining apparat-dasturiy majmualari: monografiya. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2024. – 240 b.

8. Axmedov B., Rustamov K. Jamoat xavfsizligini ta'minlashda uchuvchisiz uchish apparatlari va sun'iy intellekt integratsiyasi // Jamoat xavfsizligi masalalari. – 2023. – № 1. – В. 12-18.

9. Иванов М.И., Петров С.С. Оценка надежности оптико-электронных извещателей в системах периметральной сигнализации // Вестник безопасности. – 2023. – № 2. – С. 45-51.

10. Зверев В.А. Оптико-электронные приборы и системы: Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2021. – 280 с.



11. Turner R., Williams E. Environmental Impact on Infrared Motion Detector Reliability in Smart Homes // *Journal of Building Engineering*. – 2022. – Vol. 45. – P. 103-115.
12. Kumar V., Lee H. Multi-Sensor Data Fusion for Robust Perimeter Security Systems // *Sensors*. – 2024. – Vol. 24, No. 3. – P. 1120-1135.
13. Jo‘rayev Sh.N. Zamonaviy qo‘riqlash tizimlari faoliyatida sensor texnologiyalarining o‘rni va tahlili // *Axborot texnologiyalari va xavfsizlik*. – 2023. – № 3. – B. 55-61.
14. Сидоров П.А. Интеграция систем видеонаблюдения и охранной сигнализации на базе IoT // *Системы безопасности и связи*. – 2024. – № 4. – С. 22-28.
15. Chen Y., Wang L. Deep Learning-Based Human Detection in Thermal Imaging for Smart Security // *Applied Intelligence*. – 2023. – Vol. 53. – P. 8910-8925.
16. Karimov F., Yuldashev M. Internet of Things (IoT) in National Security Architecture: Challenges and Opportunities // *Central Asian Journal of Tech Innovations*. – 2024. – Vol. 2, No. 1. – P. 77-84.