

VERTOLYOT ASOSIDA CHEGARA XAVFSIZLIGI UCHUN GPR-AI SKANERLASH TIZIMIDAN FOYDALANISH

Xursanov Fayzullojon Sa’dulla o‘g‘li

*Toshkent shahridagi “Moskva Muhandislik Fizika Instituti” milliy tadqiqot yadro
universiteti federal davlat avtonom oliy ta’lim muassasasining filiali*

Annotatsiya: *Hozirgi kunlarda O‘zbekiston chegara hududlarida ro‘y berayotgan noqonuniy (kontrabanda) yuklari olib kirilishiga oid jinoyatlar sonini kamaytirish uchun yer ostini tekshiruvchi radar-sun‘iy intellekt tizimini yaratish hamda undan samarali foydalanish. Ushbu tizim vertolyot yoki dronga o‘rnatilgan bo‘lib, havoda ma’lum balandlikdan turib chegara hududidagi yer osti yashirin tunnellarini aniqlaydi va olingan ma’lumotlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri tezkor holatda chegara qo‘shinlarining tezkor shtabiga uzatadi. Olingan ma’lumotlar asosida tezkor shtab tezkor rejalar ishlab chiqshi natijasida noqonuniy mollarni olib kirish holatining oldi olinadi. Kelajakda bunday texnologiyalarning O‘zbekistonda rivojlanishi hamda joriy etilishi natijasida davlat chegaralari yanada mustahkamlanadi, noqonuniy mollarni olib kirish holatlari kamayishi natijasida yoshlar o‘rtasida giyohvandlik va psixotrop moddalar tarqalishinig oldi olinadi.*

Kalit so‘zlar: *Vertolyot, chegara xavfsizligi, yer ostini tekshiruvchi radar, sun‘iy intellekt, chastota, elektromagnit to‘lqin.*

KIRISH

O‘zbekiston Respublikasi geografik joylashuvi va transchegaraviy hududlarining murakkab relefga ega bo‘lishi xavfsizlikni ta’minlashda zamonaviy texnologiyalardan foydalanishni talab etadi. Ayniqsa, so‘nggi yillarda dunyo miqyosida noqonuniy migratsiya, kontrabanda va boshqa xavfli faoliyatlar uchun yer ostidan foydalaniladigan yashirin tunnellar muammosi keskinlashib bormoqda. Mazkur muammo Markaziy Osiyo davlatlari, jumladan, O‘zbekiston uchun ham dolzarb hisoblanadi.

Chegaralarni faqatgina an’anaviy kuzatuv postlari va patrullik usullari yordamida nazorat qilish ko‘p hollarda yetarli samara bermaydi. Chunki zamonaviy texnologiyalardan foydalangan holda qazilgan tunnellarini aniqlash juda murakkab jarayon bo‘lib, ular ko‘zga ko‘rinmas darajada chuqurliklarda joylashishi mumkin. Shu sababli aerokuzatuv vositalarini yuqori aniqlikdagi skanerlash texnologiyalari bilan uyg‘unlashtirish zarurati tug‘iladi.

Dunyoda qo‘llanilayotgan ilg‘or tajribalar shuni ko‘rsatadiki, yer osti inshootlarini aniqlashda yer osti radarlari (Ground Penetrating Radar – GPR) eng samarali usullardan biridir. Bu texnologiya elektromagnit to‘lqinlarning turli qatlamlardagi o‘tish tezligi va qaytishini o‘lchash orqali tuproq ostidagi bo‘shliq va sun‘iy tuzilmalarni aniqlash imkonini beradi. Agar ushbu texnologiya Mi-8 vertolyotiga o‘rnatilsa, katta hududlarni qisqa vaqt ichida skanerlash, yashirin tunnellarini masofadan turib aniqlash imkoniyati yuzaga keladi.

[1] O‘zbekistonda 2024-yilgi Davlat statistika qo‘mitasi ma’lumotlariga ko‘ra, mamlakatda umumiy 7 ming kilometrdan ortiq davlat chegaralari mavjud bo‘lib, ularning sezilarli qismi tog‘li va qumli hududlardan o‘tadi. Bu esa maxsus texnologik yechimlarni joriy etishni talab qiladi. Shuning uchun mazkur maqolada Mi-8 vertolyotida yer osti radari asosida noqonuniy tunnellarini aniqlash tizimini yaratish bo‘yicha texnik va ilmiy yondashuvlar ko‘rib chiqiladi.

O‘zbekiston bilan tutash chegaralarda “yerosti tunnel” orqali kontrabanda bo‘yicha OAVda hujjatlashtirilgan holatlar bo‘yicha jamlangan va manbalar bilan tasdiqlangan statistik ma’lumotlarni keltiraman. Quyidagi ro‘yxatda faqat O‘zbekiston bilan bog‘liq yoki O‘zbekistonga chiqish-kirish uchun ishlatilgan tunnel holatlari berilgan.

Qisqa statistika (faqat O‘zbekiston bilan bog‘liq):

- [3] Kamida 7–9 ta tunnel holati 2020–2025 yillarda OAVda qayd etilgan (Qirg‘iziston tomoni 2022–2024 yillarda “kamida 3–4 ta” o‘xshash tunnel topilganini bildirgan). Bu holatlarning barchasi O‘zbekiston bilan tutash chegara sektorlarida aniqlangan.

- [6] Yuk turlari: odamlar va umumiy kontrabanda (2020–2024), dori vositalari (2024-07-03, 310 m), yoqilg‘i-moy mahsulotlari (2024-12-26, 450 m).

[2][3][4][5][6] Xronologiya va kalit ko‘rsatkichlar (2019–2025)

Sana	Joy/Chegara yo‘lasi	Tunnel uzunligi	Maqsad/ yuk	Holat
20.05.2020	Qirg‘iziston, Kara-Suu- O‘zbekiston	270 m	Noqonuniy o‘tish/kontrabanda	Aniqlangan
07.06.2022	Qirg‘iziston- O‘zbekiston	—	Noqonuniy o‘tish/kontrabanda	Aniqlangan
13.06.2022	Qirg‘iziston, Kara-Suu, O‘zbekiston	—	Noqonuniy o‘tish/kontrabanda	Aniqlangan
10.02.2023	Qirg‘iziston, Kara-Suu, O‘zbekiston	—	Noqonuniy o‘tish/kontrabanda	Aniqlangan
20.03.2024	Qirg‘iziston, Jalolobod, O‘zbekiston	130 m	Odamlar va tovarlar	Aniqlangan
18.04.2024	Qirg‘iziston, Jalolobod, O‘zbekiston	—	Odamlar- kontrabanda	Aniqlangan
03.07.2024	O‘zbekiston- Qozog‘iston (Toshkent tumani - Turkiston vil. Sarvag‘ash)	310 m	Dori vositalari	Aniqlangan
26.12.2024	Qozog‘iston- O‘zbekiston	450 m	yoqilg‘i-moy	Tarmoq fosh etildi
29.04.2025	Andijon (O‘z) - Qirg‘iziston tunneli		Noqonuniy o‘tish/kontrabanda	4kishi qamaldi
22.07.2025	Qozog‘iston- O‘zbekiston	450 m	yoqilg‘i-moy	Tarmoq tugatildi

Yuqorida keltirib o‘tilgan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda ushbu texnologiya ustida ilmiy va innovatsion izlanishlar olib borish, O‘zbekistonning chegara hududlarini yanada mustahkamlashga, chegara qo‘shinlarining moddiy-texnik bazasini kuchaytirishga va turli-xildagi falokatli holatlarni oldini olishga o‘zining katta hissasini qo‘shadi.

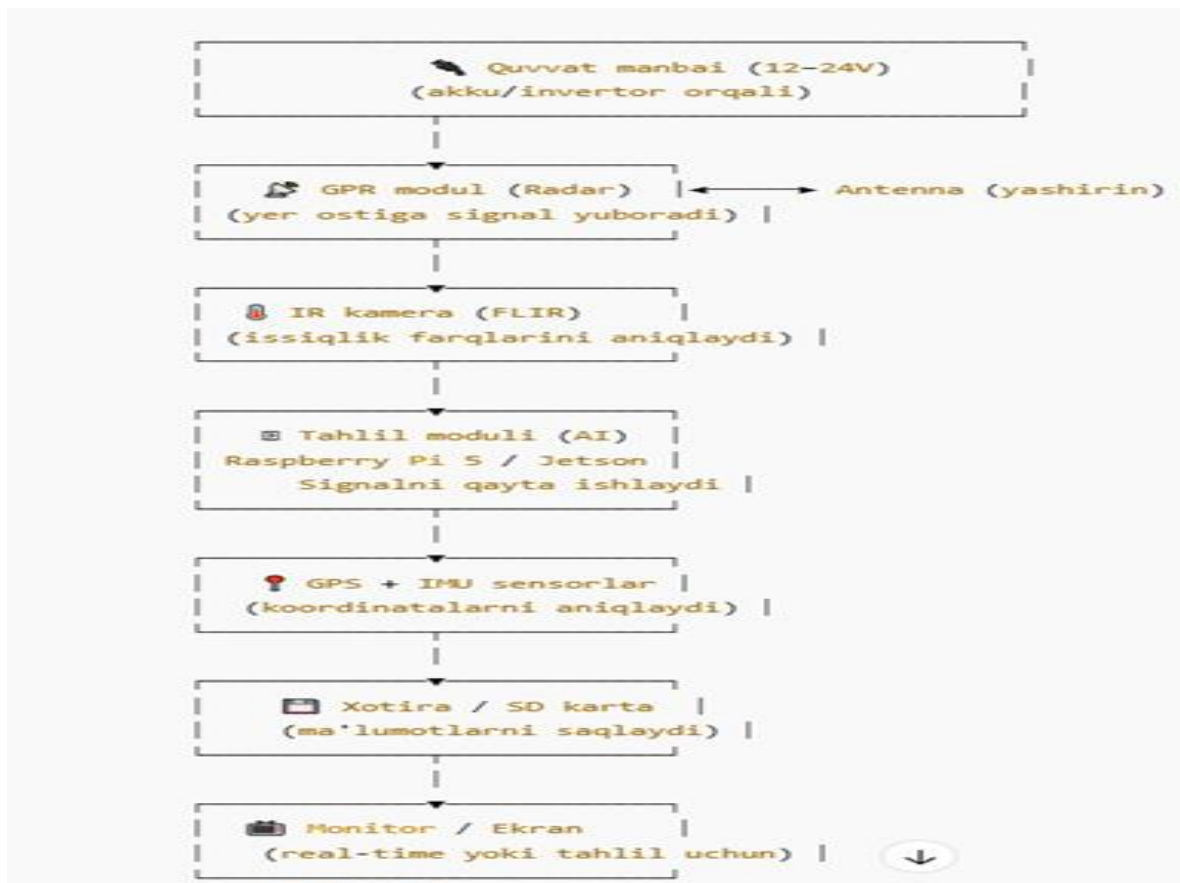
ASOSIY

Tunnel kontrabandasi davlatning yorqin kelajagiga katta miqdorda zarar yetkazishi mumkin. Sababi yer osti tunnellari orqali noqonuniy tovarlar, narkotik moddalar va qurol-aslahalar tashilishi davlat xavfsizligi hamda iqtisodiy barqarorlikka jiddiy tahdid soladi. Davlat statistika qo‘mitasi va chegara qo‘shinlari ma’lumotlariga ko‘ra, oxirgi yillarda aniqlangan kontrabanda holatlarining 15–20% qismi aynan tunnellar orqali amalga oshirilgan. Ushbu tahdidlarni oldini olishda va tezkor choralash ko‘rishda harbiylarga yordam beruvchi GPR (Ground Penetrating Radar) tizimini ishlab chiqish hamda O‘zbekiston chegaralarida amaliyotga joriy etish taklif etiladi. Bu texnologiya ustida dunyoda qator Hindiston, AQSh va Janubiy Koreya kabi davlatlar chegara hududlarida qo‘llash va takomillashtirish ustida izlanishlar olib bormoqda.

Ushbu Mi-8 vertolyoti ichiga joylashtirilgan GPR texnologiyasining blok-sxemasi 1-rasmda tasvirlangan. Qurilma quyidagi qismlardan iborat: quvvat manbai (12-24v) invertor orqali butun boshli sxemani elektr ta’minoti bilan ta’minlab turadi, GPR modul (radar) yer ostiga 100-200 MHz chastotada keng polosali elektromagnit impulslar yuboradi, borib qaytgan impulsni qabul qiluvchi antenna qabul qiladi, IR kamera yer haroratidagi farqlarni ko‘rsatadi, agar yer ostida bo‘shliq (tunnel) bo‘lsa, u issiqlikni bosqacha ushlab turadi. Tahlil moduli olingan ma’lumotlarni AI yordamida yuqori aniqlikda tahlil qiladi. GPS+IMU sensorlar koordinatalarni aniqlashga yordam beradi. Olingan ma’lumotlar flesh xotirada saqlanadi hamda monitorda aks ettiriladi.

Yer ostida tunnel bor-yo‘qligini aniqlash jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi: qurilma antenasi yerga qisqa impuls (to‘lqin) yuboradi, bu to‘lqinlar yer osti qatlamlaridan o‘tadi. Qatlamlarning o‘ziga xos farqi bo‘lganligi sababli, tuproq

zich, nam va bir tekis bo‘lsa to‘lqin deyarli “silliqlik” qaytadi. Agar yer ostida tunnel bo‘lsa, u tuproqqa nisbatan zichligi va dielektrik doimiysi bilan farq qiladi. Shu sababli to‘lqin u yerdan boshqacha qaytadi. Antenna qaytgan signallarni qabul qiladi. Agar tuproq ichida odatdagi qatlam bo‘lsa, to‘lqinlar muntazam ko‘rinadi. Agar bo‘shliq yoki boshqa material (masalan, beton yoki metall qoplama) bo‘lsa, to‘lqinlarda “uzilish”, “sakrash” yoki “aks-sado” farqlari paydo bo‘ladi. Qurilmaning dasturiy qismi qaytgan signallarni grafik (radarogramma) shaklida ko‘rsatadi. Tunnel bo‘lsa, u joyda gumbazsimon yoki qora “bo‘shliq chizig‘i” paydo bo‘ladi (2-rasm).



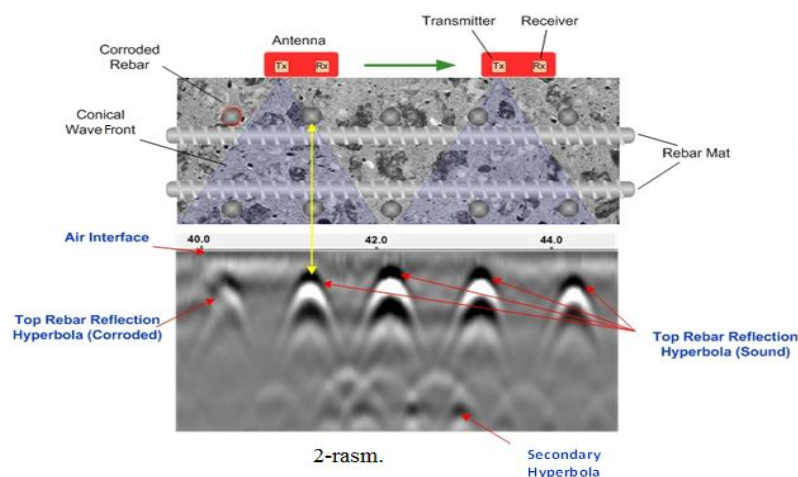
1-rasm.

Ushbu texnologiyaga fizik asos qilib to‘lqinlarning turli muhitda tarqalish tezliklarini olishimiz mumkin. To‘lqin muhitda tarqalish tezligi:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}};$$

ϵ_r -nisbiy dielektrik o‘tkazuvchanlik (quruq tuproq uchun $\epsilon_r=4$; havo uchun $\epsilon_r=1$). To‘lqin yuborilgandan so‘ng, u yer ostigacha kirib boradi, agar yer ostida tunnel bo‘ladigan bo‘lsa, shu keskin dielektrik farq $\Delta\epsilon_r=3$ kuchli aks (yorqin “giperbola”) beradi (2-rasm). Bundan tashqari tunnelning chuqurligini quyidagi formula asosida hisoblash mumkin:

$$d = \frac{v \cdot t}{2}, \quad v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}};$$

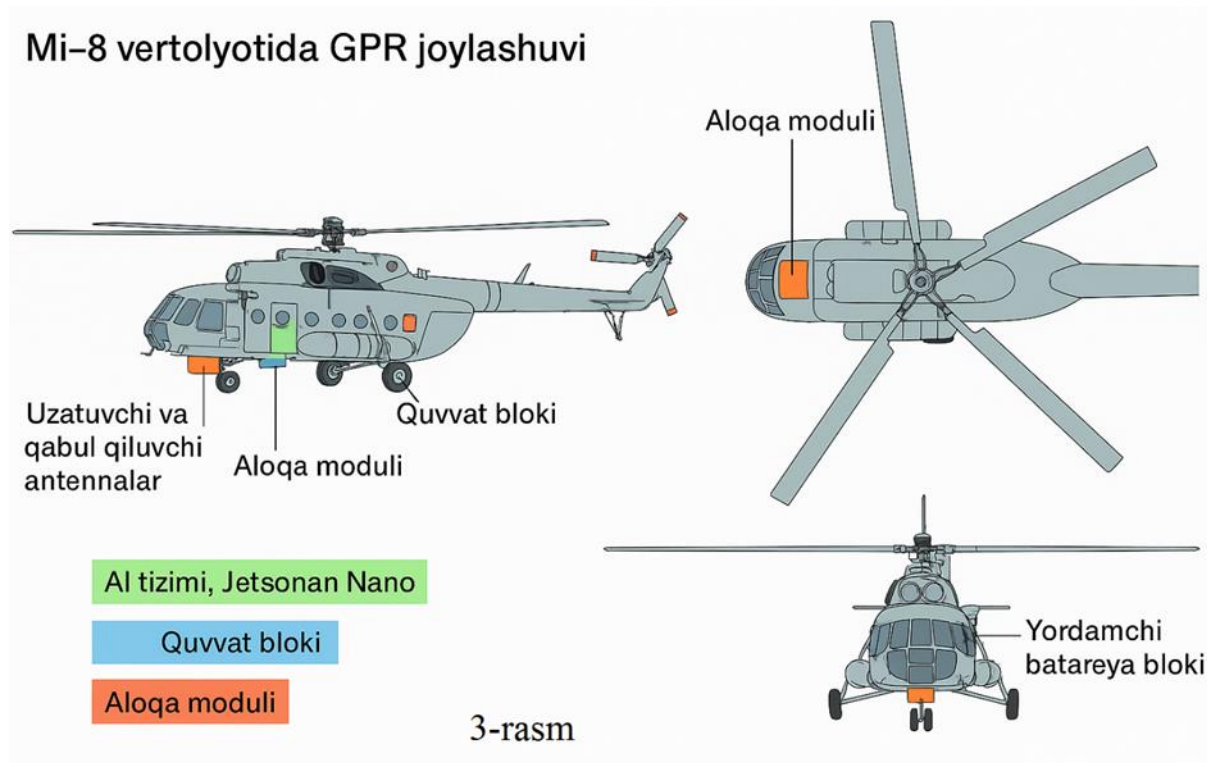


2-rasm.

d — chuqurlik (m); t — borib-kelish vaqti (s); v — to‘lqin tarqalish tezligi muhitda (m/s); $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s — yorug‘lik tezligi; ϵ_r — tuproqning nisbiy dielektrik doimiysi. Misol: $\epsilon_r = 4$ (quruq qumoq), $t = 100$ ns = $100 \cdot 10^{-9}$ s.

$d = (3 \cdot 10^8 / 4)^{1/2} = 1,5 \cdot 10^8$ m/s.

$d = (1,5 \cdot 10^8 \cdot 100 \cdot 10^{-9}) / 2 = 7,5$ m. Demak, vaqt $t = 100$ ns bo‘lsa-obyekt 7,5 m chuqurlikda joylashgan. Ushbu texnologiyaning Mi-8 vertolyotda joylashuvi 3-rasmda tasvirlangan.



Bu yerda: Old pastki qism – asosiy uzatuvchi va qabul qiluvchi antennalar (pastga yo‘naltirilgan); Ichki bort qismi – Jetson Nano, AI tizimi, quvvat bloki va aloqa moduli; Vertolyot orqa qismi – yordamchi batareya bloki va sovutish tizimi.

Xulosa

Yer osti tunnel kontrabandasini aniqlash texnologiyalari zamonaviy chegaraviy xavfsizlikning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, elektromagnit to‘lqinlar, georadar (GPR), magnetometrlar va infraqizil kameralar yordamida yer ostidagi bo‘shliqlarni samarali tarzda aniqlash mumkin. Ushbu texnologiyalar asosida tunnel bor yoki yo‘qligi to‘lqinlarning aks etishi, muhitning dielektrik o‘zgarishlari, Doppler effekti va termal farqlar orqali aniqlanadi.

Shuningdek, vertolyot yoki uchuvchi apparatlar yordamida katta hududlarni qisqa vaqt ichida skanerlash imkoniyati mavjud bo‘lib, bu usul kontrabanda faoliyatiga qarshi kurashishda samaradorlikni oshiradi. Har bir texnologiyaning o‘ziga xos afzalliklari mavjud: GPR yuqori aniqlikka ega, magnetometr tuproqdagi magnit anomaliyalarni aniqlaydi, IR kameralar esa tunnel ichidagi havo harorati va namlik farqlarini qayd etadi.

Yuqoridagi tahlillardan kelib chiqib, ushbu texnologiyalarni birgalikda qo‘llash tunnel kontrabandasiga qarshi kurashishning eng ishonchli va zamonaviy yechimi hisoblanadi. Bu yondashuv nafaqat chegaraviy xavfsizlikni mustahkamlash, balki davlatlarning iqtisodiy va milliy manfaatlarini himoya qilishda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А. Ю. Гринева. — М.: Радиотехника, 2005. — 416 с.: ил. ISBN 5-88070-070-4
2. Владов М. Л., Старовойтов А. В. Введение в георадиолокацию. Учебное пособие — М.: Издательство МГУ, 2004. — 153 с. ISBN 5-211-04938-1
3. “Ground-Penetrating Radar” – Ilya V. Buynevich va Duncan M. FitzGerald (ResearchGate).
4. <https://www.tvsspo.uz/ozbekiston-respublikasi-haqida-umumiy-malumotlar/>
5. UzDaily.uz
6. RadioFreeEurope/RadioLiberty
7. Daryo.uz,
8. Kun.uz
9. Газета.уз, The Times Of Central Asia