

MUHANDISLIK RAZVEDKA ISHLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Xolmo‘minov Sarvar Abdumutal o‘g‘li

kapitan, O‘zbekiston Respublikasi Milliy gvardiyasi

Ixtisoslashtirilgan o‘quv markazi o‘qituvchisi

DOI: 10.5281/zenodo.22685854

ABSTRACT: Ushbu ilmiy maqolada muhandislik razvedkasining tarixiy shakllanishi va rivojlanish bosqichlari, an’anaviy (eskicha) razvedka usullari zamonaviy qidiruv-sapyor jihozlari va usullari bilan qiyosiy tarzda o‘rganilgan. Rivojlangan davlatlar AQSH, NATO tashkilotiga a‘zo davlatlari va Rossiya Federatsiyasi tajribasi, shuningdek 2022-2026 yillardagi Rossiya-Ukraina mojarosi davomida qo‘llanilgan zamonaviy muhandislik razvedkasi vositalari va usullari, tadqiqot natijasida an’anaviy va zamonaviy usullarning afzalliklari hamda kamchiliklari aniqlangan, taktik sxemalar orqali ularning tashkiliy tuzilishi ko‘rsatilgan va qurolli kuchlarga zamonaviy muhandislik razvedkasi tizimlarini tatbiq etish bo‘yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqilgan.

Keywords: Muhandislik razvedkasi, mutaxassis sapyor, minalardan tozalash, yer osti va yer usti radari, uchuvchisiz uchish apparatlari, robototexnika, taktik sxema, sun‘iy intellekt

Bugungi kunda zamonaviy jang maydonining murakkablanishi natijasida, portlovchi qurilmalarning xilma-xil turlari qo‘llanilishi va harbiy harakatlar olib borilayotgan hududlarning geografik xususiyatlari muhandislik razvedkasi uslublarini doimiy ravishda takomillashtirishni taqozo etmoqda. Muhandislik razvedkasi qurolli kuchlarning jangovar harakatlarini ta‘minlashning muhim tarkibiy qismi bo‘lib, u qo‘shinlarning xavfsiz harakatlanishi, muhandislik to‘siqlarini bartaraf etish va zararsizlantirish, shuningdek jang maydonini muhandislik jihatdan baholash vazifalarini bajaradi.

So‘nggi yilliklarda texnologik taraqqiyot, xususan raqamli sensorlar, uchuvchisiz uchish apparatlari, yer osti va yer usti qidiruv jihozlari va robototexnika sohasidagi yutuqlar muhandislik razvedkasining tubdan o‘zgarishiga olib kelmoqda. Agar an’anaviy usullar asosan qo‘l mehnati va vizual kuzatuvga tayangan bo‘lsa, zamonaviy tizimlar avtomatlashtirilgan, masofadan boshqariladigan va sun‘iy intellekt elementlarini o‘z ichiga olgan kompleks yechimlarga asoslanadi. 2022 yildan Rossiya-Ukraina o‘rtasidagi mojarolarda yaqqol namoyon bo‘ldi. Ukraina hududining taxminan 23 % da portlovchi qurilmalarni borligi sababli tomonlar sun‘iy intellekt asosidagi tasvir tahlili va masofadan boshqariladigan robototexnikalar bilan ommaviy tarzda qo‘llashga majbur bo‘ldi [1].

Xalqaro statistik ma‘lumotlarga ko‘ra 2024 yilda dunyo bo‘yicha minalar va portlovchi qurilmalardan 6279 odam vafot etgan va jarohatlangan. Bu ko‘rsatgich 2020 yildan hozirgi vaqtga qadar eng yuqori ko‘rsatgich hisoblanadi [2].

Muhandislik razvedkasining tarixiy shakllanishi va qadimgi va o‘rta asrlar davri: Muhandislik razvedkasining ibtidoiy shakllari qadimgi davr harbiy yurishlari bilan bog‘liq bo‘lib, bu davrda razvedka asosan vizual kuzatuv, mahalliy aholidan so‘rov o‘tkazish va yer relyefini o‘rganishdan iborat bo‘lgan. Qala devorlarini o‘rganish,

ko‘priklar va yo‘llarning mustahkamligini baholash, daryo kechuvlarini aniqlash kabi vazifalar muhandislik razvedkasi uslublarining dastlabki faoliyat turlari hisoblanadi. Bu davrda maxsus texnik vositalar mavjud bo‘lmagan, shu sababli razvedkaning samaradorligi to‘liq inson tajribasi va kuzatuvchanligiga bog‘liq edi.

XIX asr va birinchi jahon urushi davri: Harbiy muhandislik fani mustaqil soha sifatida shakllana boshladi. Birinchi jahon urushi davrida mina maydonlar o‘rnatilishini keng qo‘llanilishi muhandislik razvedkasi oldiga yangi vazifalarni qo‘ydi. Dushman mina maydonlarini aniqlash va xavfsiz o‘tish yo‘llari belgilash. Bu davrda asosiy vosita sifatida metall qidiruv-jihozlar, ya‘ni yumshoq tuproqni sekin-asta tekshirib boruvchi yog‘och yoki metall shuplar qo‘llanilgan. Sapyorlar tizza cho‘kkalab, yerni asta-sekinlik bilan tekshirish orqali minalarni aniqlashgan, bu esa juda sekin va yuqori xavfli jarayon bo‘lgan.

Ikkinchi jahon urushi davri: Elektromagnit detektorlarning paydo bo‘lishi

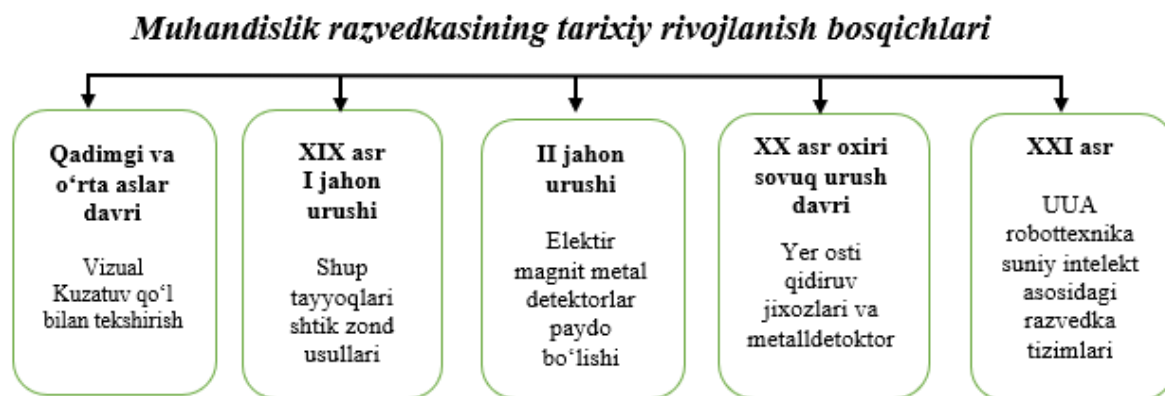
Ikkinchi jahon urushi muhandislik razvedkasi tarixida keskin burilish nuqtasi bo‘ldi. Aynan shu davrda birinchi elektromagnit metall detektorlari harbiy amaliyotga kirib keldi. Bu qurilmalar metall korpusli minalarni ancha tezroq va xavfsizroq aniqlash imkonini berdi. Biroq bu davr detektorlari past sezuvchanlikka ega bo‘lib, faqat katta miqdordagi metallni aniqlay olar, shuningdek tuproqning mineralogik tarkibiga nisbatan sezgir bo‘lib, ko‘plab yolg‘on signallar berardi.

Sovuq urush davri va XX asr oxiri davri: Harbiy-sanoat majmuasining rivojlanishi muhandislik razvedkasi vositalarining takomillanishiga turtki berdi. Bu davrda yer osti va yer usti qidiruv jihozlari (Ground Penetrating Radar - GPR) texnologiyasi ishlab chiqila boshlandi, bu esa nafaqat metall, balki plastik korpusli va boshqa nometallar xavf manbalarini ham aniqlash imkonini yaratdi.

Shuningdek, minalarni qidirish uchun maxsus o'qitilgan mina qidiruv itlaridan (Mine Detection Dogs - MDD) foydalanish tizimi keng joriy etildi, bu hozirgacha o'z ahamiyatini yo'qotmagan [3].

XXI asrga kelib, raqamli va avtomatlashtirilgan razvedka davri axborot texnologiyalari, sun'iy intellekt va robototexnika sohasidagi yutuqlar muhandislik razvedkasini tubdan yangi bosqichga olib chiqdi.

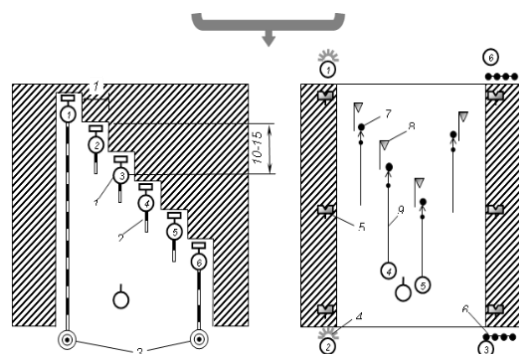
Uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA), masofadan boshqariladigan yer usti robotlari, ko'p spektrli sensorlar va geografik axborot tizimlari (GIS) hozirgi kunda muhandislik razvedkasining asosiy tarkibiy qismlariga aylandi. Bu tizimlar nafaqat qidiruv tezligini oshirdi, balki mutaxassisning bevosita xavf ostida qolish ehtimolini keskin kamaytirdi [4].



An'anaviy muhandislik razvedkasi usulida guruhi odatda 3-5 kishidan iborat bo'lib, ular zigzagsimon harakat yo'nalishi bo'yicha, sekin va ehtiyotkorlik bilan maydonni tekshirilib borardi. Har bir sapyor o'ziga

tegishli hududga ega bo'lib, tekshiruv tayoqcha yoki oddiy metall detektor yordamida ishlardi.

Guruh komandiri nazoratni amalga oshirardi, biroq ma'lumot almashinuvi asosan og'zaki yoki qog'ozdagi hisobotlar orqali kechiktirilgan tarzda amalga oshirilardi.



1-rasm. An'anaviy muhandislik razvedkasini olib borish tartibi

Ushbu sxemadan ko‘rinib turibdiki, an’anaviy usulning asosiy kamchiliklari qidiruv tezligining pastligi (o‘rtacha 0,3-1 gektar/soat), xodimlarning bevosita xavf ostida bo‘lishi va ma’lumotlarni real vaqt rejimida uzatish

imkoniyatining yo‘qligidan iborat bo‘lgan. Shu bilan birga, bu usulning afzalligi sifatida uning oddiyligi, arzonligi va murakkab texnik ta’minotni talab qilmasligini alohida ta’kidlash lozim [5].

An’anaviy muhandislik razvedkasining afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari	Kamchiliklari
Oddiy va tushunarli darajada, qisqa muddatda o‘rgatish mumkin	Muhandislik razvedkasi olib borishda qidiruv jarayonining o‘ta sekinlik bilan bajarilishi
Arzon narx, maxsus energiya talab qilinmaydi	Mutaxassislarning bevosita jarohatlanish yoki halok bo‘lish xavfi yuqori
Elektron qarshi ta’sir omillariga bog‘liq emas	Nometallar (plastik, yog‘och) xavf manbalarini aniqlash imkoniyati past
Har qanday relyef sharoitida qo‘llash mumkin	Ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish jarayoni sekin va tezkor emas
Ta’mirlash va texnik xizmat ko‘rsatish oson	Katta maydonlarni qisqa muddatda qamrab olish imkonsiz

Zamonaviy razvedkaning kompleks taktik chizmasi

Zamonaviy muhandislik razvedkasi ko‘p qatlamli va integratsiyalashgan tizim sifatida tashkil etiladi. Bunda havo qatlamida uchuvchisiz uchish apparatlari termal va optik kameralar yordamida dastlabki razvedkani amalga

oshiriladi, olingan ma’lumotlar raqamli boshqaruv markaziga real vaqt rejimida uzatiladi. Yer yuzasida esa masofadan boshqariladigan robotlar yer osti radarlari va metall detektorlari bilan jihozlangan holda xavfli maydonlarni tekshiradi, operatorlar esa planshet orqali jarayonni masofadan kuzatib boradi



**2-rasm. Zamonaviy muhandislik razvedkasini
kompleks olib borish tartibi**

Zamonaviy chizmaning asosiy afzalligi shundaki, mutaxassislar bevosita portlovchi qurilmalar bor maydonga kirishi kamaytiriladi. Qidiruv tezligi bir necha barobar oshadi (5-15 gektar/soat) va olingan ma'lumotlar avtomatik ravishda xaritalashtirilib, keyingi tahlil uchun

saqlanadi Biroq bu tizimning ham o'ziga xos kamchiliklari mavjud: yuqori narx, murakkab texnik xizmat ko'rsatish talabi, elektron jihozlarning radio-elektron qarshi ta'sirga nisbatan zaifligi hamda malakali mutaxassislarni tayyorlash uchun uzoq vaqt talab etilishi tahlil qilindi [6].

**Zamonaviy muhandislik razvedka usullarining
afzalliklari va kamchiliklari**

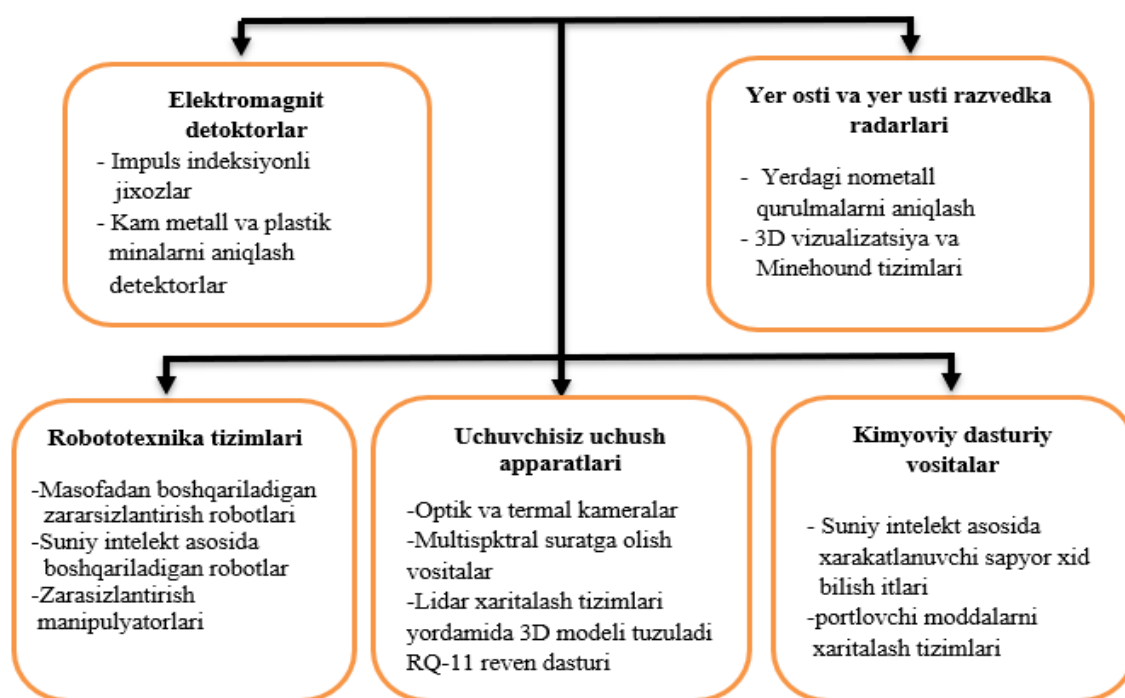
Afzalliklari	Kamchiliklari
Yuqori qidiruv tezligi va katta maydonlarni qamrab olish imkoniyati	Yuqori boshlang'ich xarajat va texnik xizmat ko'rsatish narxi
Mutaxassislar xavfsizligining yuqori darajada ta'minlanishi	Malakali sapyor mutaxassislarni tayyorlash uchun uzoq vaqt talab etilishi
Metallsiz xavf manbalarini aniqlash imkoniyati	Radioelektron qarshi ta'sir sharoitida samaradorlikning pasayishi
Ma'lumotlarni real vaqt rejimida uzatish va tahlil qilish	Murakkab ob-havo sharoitida (kuchli shamol, yomg'ir) UUA qo'llashning cheklanishi
Sun'iy intellekt yordamida xavfli muhandislik o'q-dorilarini xaritalarda avtomatik shakllantirish	Ta'mirlash uchun ehtiyot qismlar va maxsus servis markazlariga bog'liqligi

An'anaviy va zamonaviy muhandislik razvedkasi usullarining tahlili

Tahlil nomlanishi	An'anaviy (eskicha) muhandislik razvedkasi	Zamonaviy muhandislik razvedka
Qidiruv tezligi	0,3-1 gektar/soat	5-15 gektar/soat (robot va UUA yordamida)
Aniqlik darajasi	O'rtacha, operator tajribasiga bog'liq	Yuqori, sensor va IT tahlili orqali
Xavfsizlik darajasi	O'ta yuqori sapyor bevosita minalashgan maydon ichida ishlaydi, xatoga o'rin yo'q.	Masofaviy va robotlashtirilgan. Sapyor xavfsiz zonadan boshqaradi.
Yarim o'tkazgich va metallarning xavf manbalarini aniqlash	Amalda imkonsiz	Multidetektor tahlil orqali
Ob-havo va joy relyefga bog'liqligi	Razvedka va qidiruv ishlarini sekinlashtirish jarayoni	Zamonaviy texnikalardan foydalanish avtomatlashtirilgan tizimlar

Tahlil nomlanishi	An'anaviy (eskicha) muhandislik razvedkasi	Zamonaviy muhandislik razvedka
Ma'lumotlarni qayd etish va uzatib yetkazib berish	Qog'oz xaritalarga qo'lda chiziladi. Ma'lumot uzatish kechikadi va noaniq bo'ladi. Yetkazib berishning ko'p vaqt olishi	Masofaviy raqamli texnologiyalarni qo'llagan holda, real vaqt rejimida foydalaniladi
Jihozlarning narxi va texnik xizmat ko'rsatish	Arzon va sifat darajasi past, xizmat ko'rsatishda oddiy ta'mirlash ishlarini amalga oshirish	Narxi balandiligi, har doim sifatli malakali xizmat ko'rsatish kerakligi
Tayyorgarlik va o'qitish davri	Vaqt kam ajratilganligi va o'quv moddiy baza yetishmasligi	Uzluksiz, doimiy malaka oshirishni talab qiladi

2022-2026 yillarda Zamonaviy muhandislik razvedka jihozlari



Ushbu tizimlarning barchasi yagona raqamli razvedka-boshqaruv tarmog'iga integratsiyalashgan holda ishlaydi, bu esa razvedka ma'lumotlarini tezkor tahlil qilish va qaror qabul qilish jarayonini tezlashtiradi.

Elektromagnit detektorlar zamonaviy qidiruv jarayonining asosini tashkil etadi. Impulsli induksion texnologiyaga asoslangan ko'p chastotali detektorlar kam miqdordagi metallni, yarimo'tkazgichli diodlarni ham aniqlash imkonini beradi, ular GPS moduli bilan jihozlangan bo'lib, aniqlangan har bir signal koordinatasi avtomatik ravishda qayd etiladi.

Yer osti va yer usti radarlari tuproq qatlamlarini elektromagnit to'lqinlar yordamida skanerlab, uch o'lchamli 3D tasvir hosil qiladi. Bu texnologiya ayniqsa metallsiz korpusli xavf manbalarini aniqlashda muhim ahamiyatga ega, chunki an'anaviy metall detektorlar bunday holatlarda samarasiz hisoblanadi.

Robototekhnika tizimlar xavfli mina maydonlarga mutaxassis sapyorsiz kirish imkonini beradi. Ular manipulyator qo'llari yordamida topilgan portlovchi qurilmalarni dastlabki tekshirishdan o'tkazishi yoki zararsizlantirish jarayonini amalga oshiradi.



3 - rasm Zararsizlantirish robotlari

Uchuvchisi tizimlar (UUA) keng maydonlarni qisqa muddatda muhandislik razvedka qilish, termal va multispektral tasvirlar orqali tuproq yuzasidagi portlovchi

qurilmalar, minalar, o'q-dorilarni aniqlash imkonini beradi.



3 - rasm Mine kaffon va spektro sapyor dronlari

Kimyoviy dasturiy vositalar guruhiga mina qidiruv itlari va sun'iy intellekt asosidagi tasvirlar va kimyoviy moddalarni tahlil qilish dasturlari kiradi. Mina qidiruv itlari, texnologik taraqqiyotga qaramay, portlovchi moddalarning o'ziga xos hidini aniqlashda hozirgacha yuqori samaradorlikni saqlab qolmoqda va ko'plab davlatlarda zamonaviy texnik vositalar bilan birgalikda qo'llaniladi [7].

Rivojlangan davlatlarning zamonaviy muhandislik razvedka tajribalari misolida AQSH qurolli kuchlari doktrinasida muhandislik razvedkasini olib borishda kompleks yondashuvda qo'llaydi, unda havo, yer usti va raqamli razvedka vositalari uyg'unlashtirilgan holda ishlatiladi. Amerika qo'shinlarida keng qo'llaniladigan yondashuvlardan biri "Counter-IED" umumlashgan portlovchi qurilmalarga qarshi kurash tizimi bo'lib, unda ko'p sensorli platformalar, robototexnika vositalari va tezkor tahlil qilish dasturlari birgalikda ishlaydi.

AQSH qurolli kuchlari tarkibidagi AN/PSS – 14 va uning modernizatsiya qilingan modifikatsiyalari minalarni qidirishda, jahon standartlaridan biri hisoblanadi. Ushbu qurilma MINERVA texnologiyasiga asoslangan bo'lib, u

georadar va yuqori sezuvchanlikka ega metall detektorini birlashtiradi. U daryo qumlari, loy va sho'r tuproqlarda ham mukammal ishlaydi. AQSH armiyasida keng qo'llaniladigan STAMIDS (Standoff Minefield Detection System Masofaviy mina maydonlarini aniqlash tizimi) uchta asosiy bo'g'indan iborat:

1. Havodagi (Airborne) STAMIDS: Dronlar va vertolyotlarga o'rnatilgan datchiklar yordamida minalashtirilgan katta hududlarni umumiy hududlarini skanerlaydi.

2. Yer usti (Ground) STAMIDS: Maxsus zirhli transport vositalariga o'rnatilgan bo'lib, qo'shinlar harakatlanadigan transport harakatlanish yo'llarni tahlil qiladi va mina va portlovchi qurilmalarni xaritalaydi.

3. Portativ (Handheld) H-STAMIDS: Sapyorlarga individual qo'lga beriladigan datchik bo'lib, metallodetektor va yer ostini ko'ruvchi georadarni (GPR) birlashtiradi. AQSH armiyasi tahlillarga ko'ra Ukraina urushi tajribasidan kelib chiqib, muhandislik razvedkasini olib doktrinasini qayta ko'rib chiqmoqda. Zamonaviy jang maydonida ikkinchi jahon urushidan beri ko'rilmagan darajadagi chuqur va eshelonlash portlaydigan va

portlamaydigan muhandislik to'siqlar tizimi bilan tavsiflanadi.

AQSH muhandislik qo'shinlari tarkibida maxsus muhandislik razvedka qidiruv guruhlar mavjud bo'lib, ular zamonaviy tizimlarni va masofadan boshqariladigan robotlar bilan jihozlangan. 2025-yil iyul oyida AQSH armiyasining C5ISR markazi sun'iy intellekt va raqamli o'rganish texnologiyalarini minalarni tozalash operatsiyalarini tubdan o'zgartirish uchun amalda yangicha uslublarni qo'llayotganini ma'lum qildi. Jumladan Stryker (zirhli texnikasiga o'rnatilgan termal-sezuvchan aniqlash vositalari ishlab chiqilmoqda). Yana bir muhim jihat jangovar tayyorgarlik o'quv markazlarda real jang sharoitiga tenglashtirilgan semulatsiyalarda amaliy qo'llanilishini takomillashtirish masalasi ko'tarilmoqda. Amerikalik mutaxassislarning amaliy tahlillariga ko'ra, sapyor mutaxassislarni semulatsiyalarda amaliy qo'llanilishi va real jang maydonida harakatlanishda amaliy ko'nikmalarini oshirishi, sapyorlar guruhi faoliyatiga jalb qilinganda hamda maxsus operatsiyalarda mutaxassislarni amaliy ko'nikmalarni oshirishda muhim rol o'ynamoqda.

NATO tashkilotiga a'zo davlatlari hujjatlari doirasida muhandislik razvedkasini olib borish va portlovchi qurilmalarni zararsizlantirish bo'yicha yagona hujjat shakllantirilgan. NATO davlatlari qo'shma mashqlarida UUA asosidagi razvedka, ko'p milliy robototexnika platformalar va birlashtirilgan ma'lumotlar bazasi IMSMA – (Information Management System for Mine Action) orqali minalar, portlamay qolgan o'q-dorilar, qo'l bola portlovchi qurilmalar bor hududlarni xaritaga tushirish, hisobga olish uchun faol qo'llaniladi. Bu yondashuv turli davlatlar qo'shinlari o'rtasida tezkor operativ hamkorlikni ta'minlaydi va razvedka ma'lumotlarini tezkor almashish imkonini beradi. 2026-yil iyun oyida Parijda o'tkazilgan Eurosatory ko'rgazmasida NATO davlatlari o'zlarining Ukraina tajribasidan olingan xulosalarga asoslangan yangi avlod robototexnika va yo'l tozalash tizimlarini namoyish etdi. Ko'rgazmada harakatchan texnika, logistika robotlari, yo'l tozalash tizimlari va sensorlar bilan jihozlangan masofadan boshqariladigan qurilmalar transheya, shahar hududida va murakkab relef sharoitlarida sinovdan o'tkazildi. Bu zamonaviy NATO doktrinasi muhandislik razvedkasi va robototexnika birlashib, yagona taktik harakatda ishlashini ko'rsatyapti [8].

Buyuk Britaniya qirolik muhandislari (Royal Engineers) Mudofaa vazirligi bilan hamkorlikda sun'iy intellekt asosidagi dron tizimini sinovdan o'tkazmoqda, dastur uzluksiz foydalanish asosida takomillashtirilmoqda. Shuningdek, NATO doirasida dengiz minalarga qarshi operatsiyalari uchun suv usti va suv osti sun'iy intellekt tizimlar ishlab chiqilmoqda, ular muzlagan va ob-havo noqulay sharoitlarda ham mina maydonini tezkor aniqlash va tekshirish imkonini beradi. NATO ning Innovatsiya bo'yicha tezlashtiruvchi tashkiloti (DIANA) doirasida har yili minalarni aniqlash bo'yicha innovatsion tanlovlar o'tkazilib, aerokosmik texnologiyalarni (sensor, robotlar, sun'iy intellekt, dronlar) bo'yicha yangi g'oyalar qo'llab-quvvatlanmoqda.

Milrem Robotics kompaniyasi o'zining THEMIS gusenitsali minalarni tozalash sun'iy intellekt platformasi asosida yirik logistika robotlarini ishlab chiqmoqda, bu platforma bir nechta NATO davlatlari armiyalarida sinovdan o'tkazilgan. NATOning muhandislik ta'minoti doktrinalari (AJP-3.12) hamda 2022–2026-yillardagi Rossiya-Ukraina urushi davomida ochiq manbalarda (OSINT) e'lon qilingan taktik hisobotlar va harbiy ekspertlarning xulosalari umumlashtirilganda. An'anaviy muhandislik razvedka usullari (shup, vizual kuzatuv) va zamonaviy texnologik majmualar (georadarlar, multispektral UUAlar) samaradorlik, tezkorlik, shaxsiy tarkibni xavfsizligi hamda radioelektron urush sharoitidagi barqarorlik mezonlari bo'yicha o'zaro jang olib borish hududlarida tahlil qilinadi [9].

Rossiya Federatsiyasi qurolli kuchlari tarkibida muhandislik qo'shinlarining alohida yo'nalishi sifatida hozirda robototexnikalar minalarni tozalash majmualari ishlab chiqilgan va qo'llanilmoqda. Bundan tashqari, og'ir mexanizatsiyalashgan mina tozalash mashinalari va zamonaviy metall detektorlari keng qo'llanilmoqda. Rossiyaning qo'shinlari eshelenlangan mudofaa chizig'i Ukrainada "Ajdar tishlari" betondan to'siqlar, ko'p qatlamli minalar maydoni, sim to'siqlari, tank va piyoda qarshi handaklar, hamda himoyalangan artilleriya va texnika pozitsiyalaridan iborat chuqur eshelenlangan mudofaa chiziqlarini qurdi. Bunday to'siqlar tizimi hujum qiluvchi Ukraina kuchlarini charchatish va egallangan hududni saqlab qolishga qaratilgan bo'lib, bu sharoitda real vaqtli muhandislik razvedkasi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Rossiya muhandislik qo'shinlari asosan zich minalashtirish strategiyasiga tayanadi. Ayniqsa, Rossiyaning yangi avlod ISDM (masofaviy minalashtirish va ommaviy o't ochish tizimlari), raketalar yordamida 5 kmdan 15 kilometrgacha bo'lgan masofaga bir necha daqiqa ichida mina maydonlarini o'rnatib tashlashga qodirligini ko'rsatdi. Yangi tizimlar minalarni termal skanerlash (Thermal Imaging Hunt) Sapyorlar kechasi va kunduzi harorat almashayotgan vaqtda ya'ni tongda va shomda minalarni qidirishni boshlaydi. Metall yoki plastik minalarning korpusi tuproqqa qaraganda quyoshdan tezroq isiydi va kechasi sekinroq soviydi. Infraqizil va termal kamerali dronlar havoga ko'tarilib, yer ustidagi va chuqur ko'milmagan minalarning issiqlik konturlarini yorqin nuqtalar shaklida tasvirga oladi va ularning taktik xaritasini chizadi. Biroq tahlillariga ko'ra, Rossiya tomonining ba'zi yo'nalishlarda an'anaviy eski razvedka usullarga nisbatan ko'proq foydalanishi kuzatilmoqda, bu esa ayrim holatlarda qidiruv jarayonining sekinlashishiga va talafotni ko'payishiga olib kelmoqda.

Rossiya-Ukraina mojarosi 2022-2026 tajribasi misolida 2022-yildan boshlangan Rossiya-Ukraina mojarosi zamonaviy jang maydonida muhandislik razvedkasining rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatdi. Ochiq manbalardagi tahliliy ma'lumotlarga ko'ra, ushbu mojaro davomida ikki qarama-qarshi tarafdin FPV (First Person View) dronlari razvedka va monitoring maqsadida keng qo'llanildi, bu esa an'anaviy razvedka usullarini sezilarli darajada to'ldirdi. Ukraina tomoni xalqaro yordam doirasida zamonaviy yuqori chastotali radioto'lqinli

tizimlari orqali yer ostini, beton, muz va boshqa sharoitlarda, masofadan boshqariladigan mina tozalash mashinalari va sun'iy yo'ldosh tasvirlariga asoslangan xavf xaritalash dasturlaridan foydalanmoqda.

Robotlashtirilgan minalardan tozalash Rossiyaning Uran-6 va Ukrainadagi Xorvatiya ishlab chiqargan MV-4 va AQShning Talon portativ robotlari to'g'ridan-to'g'ri sapyorlar hayotini asrash maqsadida va razvedka, yo'lak ochish ishlariga jalb etildi. Rossiya-Ukraina urushi harbiy muhandislik san'atida chinakam inqilobiy o'zgarishlarni keltirib chiqardi. To'qnashuv liniyalarining o'ta zich minalashtirilgan hududlardan biri har ikki tomonni ham mutlaqo yangi vositalarni o'ylab topishga majbur qildi. Uru-shda qo'llanilgan asosiy yangiliklar tahlil qilindi:

1. Termal datchikli dronlar (Teplovizorlar) Ukraina qurolli kuchlari hamda Rossiya bo'linmalari tunda quyosh energiyasidan qizigan metall korpusli minalarni (masalan, TM-62) yoki plastik minalarning tuproq bilan harorat farqini aniqlash uchun termal kamerali dronlardan keng foydalanmoqda. Bu usul bir necha daqiqa ichida butun bir minalashtirilgan maydonning konturlarini chizib beradi.

2. Masofaviy minalash tizimlari bilan kurash Rossiyaning "Zemledeliye" tizimi va NATO tomonidan Ukrainaga berilgan RAAMS tizimlari bir necha soniya ichida reaktiv artilleriya yordamida o'nlab kilometr uzoqlikka minalar sochadi. Muhandislik razvedkasi endi dushman orqasidagi mina o'rnatish jarayonini radar va havo razvedkasi orqali real vaqtda kuzatib borishga majbur bo'lmoqda.

3. Dronlar zamonaviy muhandislik razvedkasining ajralmas qismiga aylandi. Ular yuqori piksellik kamera, LIDAR va termal sensorlar yordamida xavfli hududni sapyor kirishidan oldin masofadan xaritalaydi. 2026-yilda sun'iy intellekt asosidagi dronni minalarni aniqlash uchun sinovdan o'tkazmoqda, bu loyiha Ukraina urushi tajribasi va 2025-yilgi Strategik mudofaa sharhi asosida ishlab chiqilgan. Shu bilan birga, Dropla nomli tizim havodan olingan tasvirlarni kompyuter ko'rish (computer vision) algoritmlari bilan birlashtirib, gumon qilingan minalar maydonini avtomatik xaritalaydi [10]. FPV-dronlar orqali minalarni yo'q qilish Sapyorlarning xavfsizligini ta'minlash maqsadida aniqlangan minalar ustiga arzon dronlar yordamida portlovchi moddalar tashlanib, masofadan turib portlatib yuborilmoqda.

Ushbu mojaro tajribasi shuni ko'rsatdiki, katta maydonlarda mina maydonlar yaratish darajasining yuqoriligi sababli faqat bitta usulga (masalan, faqat qo'lda tekshirish yoki faqat texnik vositalarga) tayanish samarasiz hisoblanadi. Aksincha, ko'p qatlamli yondashuv - kosmik va uzoq masofali razvedkadan tortib, individual sapyor tekshiruviga qadar - eng samarali natija berishi tasdiqlanmoqda.

Shuningdek, ushbu mojaro davomida sun'iy intellekt asosidagi tasvir tahlili dasturlarining qo'llanilishi ham rivojlanib bormoqda. Bunday dasturlar UUA orqali olingan minglab tasvirlarni tezkor tahlil qilib, xavfli hududlarni avtomatik aniqlash imkonini beradi, bu esa inson omili tufayli yuzaga keladigan xatolarni kamaytiradi [10].

Muhandislik razvedkasini rivojlantirishning istiqbolli yo'nalishlari zamonaviy texnologiyalarning jadal

rivojlanishi muhandislik razvedkasi sohasida yangi istiqbolli yo'nalishlarning shakllanishiga olib kelmoqda. Ushbu yo'nalishlarni tahlil qilish qurolli kuchlar tizimida uzoq muddatli rivojlantirish strategiyasini belgilashda muhim ahamiyatga ega.

1. Sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalar orqali o'rganish texnologiyalari kelajakda muhandislik razvedkasida sun'iy intellekt texnologiyalarining roli sezilarli darajada ortib bormoqda. Raqamli o'rganish algoritmlari UUA va yer usti sensorlaridan olingan katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilib, xavf manbalarini yuqori aniqlik bilan avtomatik tarzda aniqlash imkonini beradi. Kamera va Lidar orqali olingan tasvirlar kompyuter ko'rishi (Computer Vision) va maxsus o'qitilgan neyron tarmoqlari tomonidan real vaqtda tahlil qilinadi. Tizim yerdagi simlar va niqoblangan obyektlarni soniyalar ichida vizual taniydi. Raqamli o'rganish algoritmlari, metall detektor va dron ma'lumotlarini birlashtirib, minalashgan hudud xaritasini yaratadi hamda har bir signalning xavflilik ehtimolini foizda baholaydi. Bu yondashuv sapyorlar guruhlariga qaysi hududga birinchi navbatda e'tibor qaratish kerakligini aniqlashda yordam beradi va umumiy tozalash jarayonini tezlashtiradi.

2. Robototexnika guruhlar dron va yer usti robotlar o'rniga bir-biri bilan o'zaro aloqada ishlaydigan robototexnika guruhlar (swarm technology) kontseptsiyasi istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Bunday tizimlarda bir nechta kichik UUA yoki yer usti robotlari birgalikda katta maydonni parallel ravishda tekshiradi, bu esa razvedka jarayonining tezligini yanada oshiradi va bitta qurilma ishdan chiqqan taqdirda ham vazifaning bajarilishini ta'minlaydi.

- Gusenitsali qidiruv robotlari GPR va metall detektor sensorlari o'rnatilgan holda, minalashtirilgan yo'lni avtomatik skanerlaydi.

- Masofadan boshqariladigan manipulyator-qo'llar topilgan buyumni odam ishtirokisiz tekshirish va joyidan siljitish uchun ishlatiladi.

- Portlatib zararsizlantirish (EOD) robotlari, rentgen skaneri va manipulyator birlashgan, portlovchi qurilmani masofadan tahlil qilib, zararsizlantirish imkonini beruvchi murakkab platformalar.

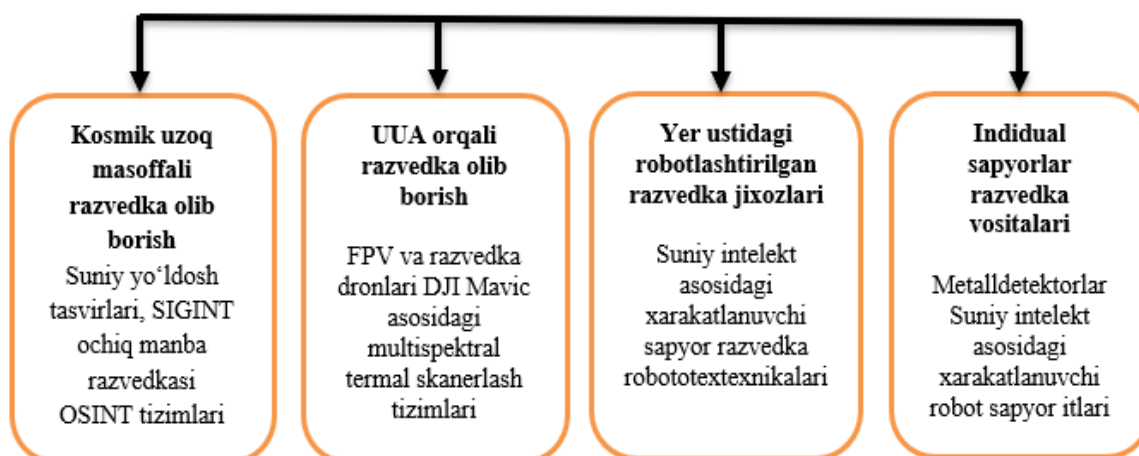
Robototexnika sohasida esa TheMIS (Milrem Robotics, Estoniya) turli modullar (razvedka, yuk tashish, EOD) bilan jihozlanishi mumkin bo'lgan gusenitsali insonsiz platformalar. Threat-Sense (Pearson Engineering, Buyuk Britaniya) istalgan harbiy texnikaga integratsiya qilinadigan sun'iy intellekt asosidagi mina aniqlash tizimi hamda Dropla (Ukraina) dron va kompyuter ko'rish texnologiyalarini birlashtirgan minalar maydonini xaritalash tizimi kabi ishlanmalar keng tan olingan. Ushbu misollar zamonaviy qidiruv-sapyor vositalari sohasining xilma-xilligi va tez sur'atlar bilan rivojlanayotganini yaqqol ko'rsatadi.

3. Sensorlarning rivojlanishi va energiya samaradorligi shuningdek quvvat manbalarining samaradorligini oshirish borasidagi ilmiy-tadqiqot ishlari muhandislik razvedkasi vositalarining yengilroq, chidamliroq va uzoq muddat ishlashini ta'minlaydi. Zamonaviy qidiruv tizimlarida oddiy metall detektorlar o'rniga ko'p chastotali,

signal diskriminatsiyasiga ega tizimlar qo'llanilmoqda. Ular zanglagan metall qoldiqlari va minerallasgan tuproq sharoitida ham yuqori aniqlik bilan ishlaydi, hamda GPS-modul orqali har bir signalning koordinatasini avtomatik qayd etadi. Bu, ayniqsa, uzoq muddatli razvedka missiyalarida muhim ahamiyat kasb etadi. Bir nechta qurilmani

(metall detektor, impulsli GPR va termal kameralar) yagona kompyuter tizimiga birlashtiradi. Sun'iy intellekt algoritmari ushbu signallarni o'zaro solishtirib, tuproqdagi oddiy metall parchalari keltirib chiqaradigan xato signallarni 90% gacha kamaytiradi.

2022-2026 yillarda Zamonaviy muhandislik razvedkasi jixozlarining rivojlanishi



Yuqorida sanab o'tilgan yo'nalishlarning barchasi birgalikda muhandislik razvedkasini yanada tezkor, aniq va xavfsiz tizimga aylantirish imkonini beradi, biroq bu jarayon uzluksiz ilmiy-tadqiqot ishlari va moliyaviy sarimoyalarni talab etadi [11].

Yuqorida yoritilgan ma'lumotlardan xulosa qilib aytganda o'tkazilgan tadqiqot natijasida muhandislik razvedkasining tarixiy taraqqiyoti qadimgi davrdagi oddiy vizual kuzatuvdan tortib, zamonaviy raqamli va avtomatlashtirilgan tizimlarga bo'lgan uzoq va murakkab yo'lni bosib o'tganligi aniqlandi. An'anaviy usullar o'zining oddiyligi va arzonligi bilan ajralib tursada, ular xavfsizlik va samaradorlik nuqtai nazaridan zamonaviy talablarga to'liq javob bermaydi. Zamonaviy muhandislik razvedkada qidiruv sapyor jihozlari, xususan uchuvchisiz uchish apparatlari, yer osti yer usti radarlari va robototexnika tizimlari qidiruv jarayonining tezligi va xavfsizligini sezilarli darajada oshiradi, biroq ular yuqori narx xarajati va malakali kadrlar tayyorlashni talab qiladi. Rivojlangan davlatlar - xususan AQSH, NATO a'zo davlatlari tajribasi hamda Rossiya-Ukraina mojarosidagi amaliy ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, eng samarali yondashuv - bu an'anaviy va zamonaviy usullarni uyg'unlashtirilgan holda, ko'p qatlamli tizim sifatida qo'llashdir. Qurolli kuchlar tizimida muhandislik razvedkasini takomillashtirish borasida ishlab chiqilgan takliflar amaliyotga tatbiq etilishi qo'shinlarning jangovar tayyorgarligi va sapyor mutaxassislarni xavfsizligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib muhandislik razvedkasini takomillashtirish bo'yicha takliflar

1. Muhandislik qo'shinlari tarkibida bosqichma-bosqich zamonaviy qidiruv-sapyor jihozlari (ko'p chastotali detektorlar, GPR tizimlari) joriy etish.

2. Muhandislik-sapyor bo'linmalari tarkibida maxsus uchuvchisiz uchish apparatlari bilan ta'minlash. Ushbu dronlar ko'p spektrli kameralar, magnitometr va lazerli skanerlar bilan jihozlanishi lozim.

3. Masofadan boshqariladigan robototexnika platformalarni sotib olish yoki mahalliy ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish orqali sapyor mutaxassislarning xavfsizligini ta'minlash darajasini oshirish;

4. Innovatsion o'quv-simulyatsiya dala o'quv maydonlarida tashkil etish. Virtual texnologiyalari yordamida sapyorlar dushman FPV-dronlari va masofaviy minalash sharoitida qanday harakat qilishni, zamonaviy portlovchi qurilmalar va minalarni zararsizlantirishni xavfsiz sharoitlarini o'rganishni yo'lga qo'yish.

5. Razvedka ma'lumotlarini yig'ish, saqlash va tahlil qilish uchun yagona raqamli platforma joriy etish, bu orqali barcha bo'linmalar o'rtasida real vaqt rejimida ma'lumot almashinuvini ta'minlash. Aniqlangan mina maydonlar raqamli xaritada aks etib, real vaqt rejimida artilleriya, aviatsiya va motoo'qchi bo'linmalarning planshetlariga integratsiya qilinishi kerak.

6. An'anaviy usullarni butunlay rad etmasdan, ularni zamonaviy texnik vositalar bilan uyg'unlashtirilgan holda qo'llash.

7.sun'iy intellekt asosida harakatlanuvchi robot sapyor itlarni bo'linmalarga xizmatga tatbiq etish va mina qidiruv itlarini tayyorlash markazlarini rivojlantirish.

8.rivojlangan davlatlar bilan tajriba almashish, qo'shma mashqlar va o'quv kurslarida ishtirok etish orqali mutaxassislarning malakasini oshirish;

9.muhandislik razvedkasi bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarini kuchaytirish va mahalliy sharoitga moslashtirilgan yangi texnik vositalarni ishlab chiqish bo'yicha loyihalarni qo'llab-quvvatlash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- 1.United Nations Development Programme UNDP Ukraine 2025 c
- 2.International Campaign to Ban Landmines ICBL 2025 yil.
- 3.Harbiy muhandislik fanining rivojlanishi bo'yicha ilmiy-uslubiy adabiyotlar va o'quv qo'llanmalar.
- 4.Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD) tomonidan chop etilgan minalardan tozalash bo'yicha texnik qo'llanmalar.
- 5.Kosacki, 1941 yil Department of the Army 2020 yil va Halo trust 2026 yil asosida tuzulgan.
6. Department of the Army. Headquarters, U.S. Marine corps 2008 yil.
- 7.Zamonaviy qidiruv-sapyor jihozlari ishlab chiqaruvchilarining texnik xususiyatlari bo'yicha ochiq ma'lumotlari.
8. NATO STANAG va USA standartlashtirish hujjatlari muhandislik razvedkasi va minalardan tozalash bo'yicha 2025 yil.
9. Army Recognition. British Army Tests AI Drone for Landmine Detection as Ukraine War Shapes New Tactics. 2026 yil.
10. Ochiq manbalardagi 2022-2026 yillar Rossiya-Ukraina mojarosi bo'yicha harbiy-texnik tahliliy sharhlar va OSINT hisobotlari.
11. Wikipedia. Route clearance (IEDs)..