

№4, 2021 y. 1 dekabr

Mis sanoatida sun'iy  
intellektni rivojlantirish  
bo'yicha

**DAYJEST**

O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi  
Ilmiy-texnik axborot markazi

Toshkent-2021



*"Harakatlarimizning asosiy maqsadi yaqin yillarda yaxlit, "noldan tayyor mahsulotgacha" bo'lgan metall ishlab chiqarish klasterini yaratishdan iborat"*

*O'zbekiston Respublikasi Prezidenti  
Sh.M. Mirziyoev*

**«Mis sanoati sohasida sun'iy intellekt ishlanmalari»  
dayjesti. - T.: 2021. 14-b.**

«Mis sanoati sohasida sun'iy intellekt ishlanmalari» dayjesti O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi Ilmiy-texnik axborot markazi tomonidan tayyorlangan.

**Mualliflar jamoasi:**

Abduraxmanov I.Y.  
Turdiqulova Sh.O'.  
Abduvaliev A.A.  
Musaeva R.A.  
Barbu G.F.

**Texnik muharrir:**

Rayimjonov X.G.

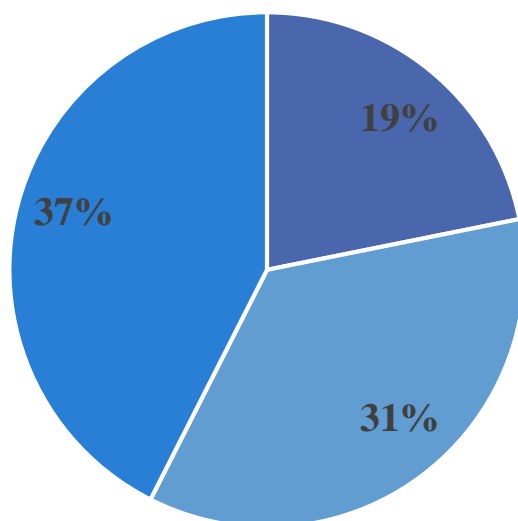
© O'zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi Ilmiy-texnik axborot markazi , 2021 y.

## Mis sanoatida sun'iy intellekt

Mis sanoatida sun'iy intellekt (SI) ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish va ish joyidagi xodimlarning xavfsizligini oshirishga yordam berishi mumkin.

SI qo'llashdagi asosiy kesishuvchi yo'nalishlar:

- jarayonlarning transformatsiyasi;
- eksponensial o'sishga erishish uchun ma'lumotlarni SI bilan birgalikda qo'llash;
- mashina bilan insonning o'zaro aloqasini qayta ko'rib chiqish.



■ jarayon transformatsiyasi   ■ ma'lumotlar ilovasi   ■ inson bilan moshinaning o'zaro bog'liqligi

Mis sanoatida SIni joriy etish istiqbollari haqida gapirganda kuzatib turish, prognozlash va sifatni boshqarish, shuningdek, tarixiy ma'lumotlarni o'rganish orqali muammolarni bartaraf etish kabi sohalarda SIni qo'llashga alohida e'tibor qaratiladi. Nihoyat, SI odamlarga optimal qarorlarni tezroq qabul qilishda yordam berish uchun ma'lumot va ko'p yillik tajribani to'plash va birlashtirish orqali inqiroz boshqaruviga ehtiyojni kamaytirishi mumkin [1].

# Mis sanoatida sun'iy intellekt

Biroq, ishlab chiqarish jarayonlariga SIni nafaqat mashinani o'rganish usullarini, balki ishlab chiqarish jarayonlari va texnologiyalarni joriy etish uslubiyotini biladigan mutaxassislar yordamida ehtiyotkorlik bilan tadbiq etish kerak.

Agar raqamli maslahatchi sanoat korxonasining texnologik rejimini o'zgartirish uchun noto'g'ri tavsiyalar bersa, natijalar odamlarning hayoti va sog'lig'iga taalluqli bo'lishi mumkin.



SI texnologiyalari asosida yechimlarni yaratishning ikkinchi murakkablik – bu ma'lumotlarning yetarlicha bo'lmagan miqdori va sifati. Texnologik jarayon haqidagi hosil bo'luvchi ma'lumotlar uzoq vaqt davomida turli tizimlarda bo'lgan va tahlil qilish uchun foydalanilmagan, chunki ulardan foydalanish uchun vositalar, ya'ni kompaniyalar uchun qiymat yaratadigan biznes ilovalar mavjud emas edi. Bu barcha murakkabliklar texnologiyalarni tadbiq etish xarajatlarini oshirgan holda ularning ishlab chiqarish jarayonlariga kirib borishini sekinlashtiradi [2].

## Mis sanoatida sun'iy intellektdan foydalanish

Freeport-McMoran tog'-kon kompaniyasi AQShning Arizona shtatidagi o'z intellektual karerida SI texnologiyalarini muvaffaqiyatli tarzda sinovdan o'tkazdi. U minimal kapital qo'yilmalarda bilan mis ishlab chiqarishni 90 ming tonnaga oshirishni rejalashtirmoqda.

SI ilg'or tahlil va texnologiyalari tufayli Freeport-McMoRan to'plangan ma'lumotlarning katta miqdorini skanerlashi, mahsuldorlikni oshirishi mumkin bo'lgan yanada ko'proq operatsion o'zgarishlarni aniqlashi va ularni dala sharoitlarida tekshirishi mumkin.

Mutaxassislar rudaning turi, zavod datchiklarining ish ko'rsatkichlari, tegirmondan o'tadigan rudaning miqdori va ajratib olingan mis miqdori o'rtasidagi aloqalarni farqlash uchun algoritmlarni yozdilar. Keyin ular datchiklarning o'lchovlari asosida korxonada mahsuldorligini prognoz qilish uchun qo'shimcha algoritmlarni ishlab chiqishdi.

Jamoa a'zolari qo'llashning bir necha haftasidan keyin 96% gacha – yetarlicha yuqori darajagacha model mahsuldorligi prognozlarining aniqligini oshirishdi. Sinovlar davomida model kombinat datchiklaridan kelayotgan ma'lumotlarni to'g'ri talqin qilishi va ularni kombinatning boshqaruv sozlamalari bilan bog'lashi ma'lum bo'ldi.

Keyin jamoa SI vositalarini nafaqat mahsuldorlikni prognoz qilish uchun, balki uni takomillashtirish uchun qo'llash vazifasini o'z oldiga qo'ydi. Kombinatsion qancha mis ishlab chiqarishi mumkinligini aniqlash uchun ishlab chiquvchilar jamoasi unchalik katta bo'lmagan yangi investitsiyalar bilan oqilona narx bo'yicha mis ishlab chiqarishni



maksimallashtirishni maqsad qilib qo'ydi. Bir qator iteratsiyalar davomida jamoa datchiklar tomonidan hosil qilingan ma'lumotlarni ko'rib chiqadigan va mis chiqishini maksimal darajada oshirish uchun boshqaruv sozlamalarini tavsiya etadigan algoritmlarni ishlab chiqdi, sinovdan o'tkazdi va takomillashtirdi.

# Mis sanoatidagi sun'iy intellektning yuqori texnologiyalari

Genetik algoritmlar sifatida ma'lum yangi algoritmlar ma'lum bir turdagi rudalar uchun eng ko'p miqdorda mis ishlab chiqarish imkonini beruvchi parametrlarini "rivojlantirish" uchun tabiiy tanlanish tamoyillaridan foydalangan.

Natijada, jamoa TROI deb nomlangan MVP optimallashtirish modeligacha prognozlash modelini kengaytirdi, u kombinat ikki kunlik smenalarining har biri uchun bir martadan, har 12 soatda tavsiyalar berish imkoniyatiga ega bo'ldi [3].



Tizim konda rudalarning yetti turi qazib olinganligi, flotasatsion rezervuarlardan foydalanishni nazarda tutuvchi ularni boyitish usuli esa vodorod ko'rsatkichi (pH) darajasini rostdash hisobiga yaxshilash mumkinligini aniqladi. Yangi usulni amalda qo'llash orqali Freeport-McMoRan yil yakunlari bo'yicha 9000 tonna ko'proq mis olish imkoniyatiga ega bo'ldi, bu kompaniyaning o'zida "ajoyib muvaffaqiyat" sifatida ta'riflandi [4].

# Mis konlarini geologik qidirishda sun'iy intellekt texnologiyalari



Qazib olish sohasidan tashqari SI asosidagi texnologiyalar geologiya-qidiruv ishlarida ham qo'llaniladi. Ular seysmik tadqiqotlar va qidiruv burg'ulash ma'lumotlarni yanada samarali talqin qilish imkonini beradi. Bu burg'ulangani quduqlar va konlarning tavsifnomalarini aniqlashga qaratilgan ilmiy izlanishlar sonini qisqartirish, ya'ni xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi [5].

SI yordamida geologiya-qidiruv jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

**Ma'lumotlarni yig'ish.** Uchuvchisiz uchish apparatlari (UUA) tizimi geologik ma'lumotlarni to'plashda SI tizimlari sifatida namoyon bo'ladi. Irkutsk Milliy tadqiqot texnika universiteti Yer haqidagi fanlar Sibir maktabi ilmiy direktori A. Parshinning so'zlariga ko'ra, 2013 yilda birinchi marta joriy etilgan UUA o'lchovlarning yuqori xatoligiga ega edi va faqat anomaliyalarni aniqlash uchun yaroqli bo'lgandi. Endi ular geologiyada ilgari foydalanish imkoni bo'lmagan massivlar, boz ustiga murakkabligi bo'yicha har qanday sharoitlarda, shu jumladan, yerning yer osti tuzilishi haqida juda batafsil va aniq ma'lumotlarni olishga yordam bermoqda.

**Ma'lumotlarni saqlash.** Geologik ma'lumotlarni yig'ish tizimlarining evolyusiyasi ushbu ma'lumotlarni saqlash va boshqarishning intellektual algoritmlarini yaratishni talab qildi. Hozirgi vaqtda yagona universal bayonnoma bo'yicha geologik ma'lumotlarga ega platforma sifatida namoyon bo'ladigan veb-ilovalarni yaratish vazifasi dolzarb bo'lib turibdi. Ushbu turdagi ilovalar tahlilchilar va tadqiqotchilar uchun foydali bo'ladi.

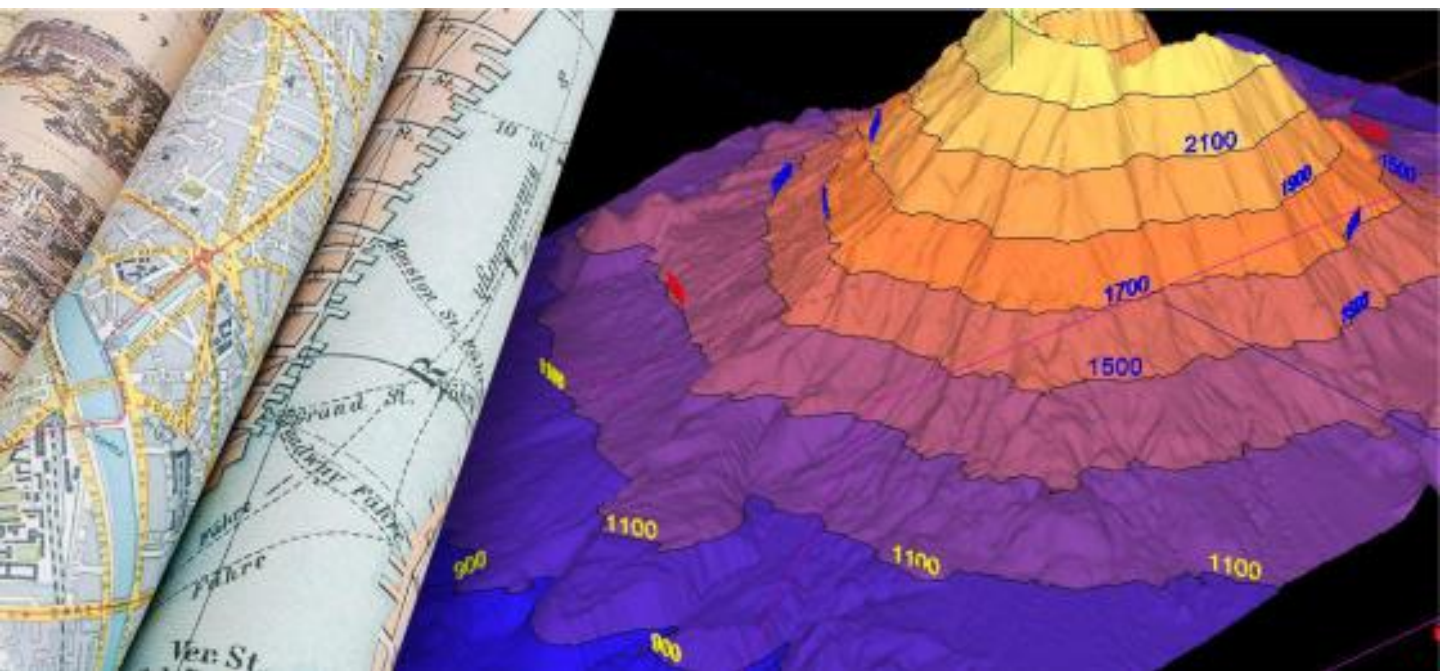
**Ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish.** "Gazprom neft" ilmiy-texnik markazi Bosh direktori Mars Xasanovning so'zlariga ko'ra, ma'lumotlar bilan ishlashning avvalgi bosqichlarida SI tizimlaridan foydalanish olingan axborot miqdorining doimiy ravishda oshishiga olib kelgan. Bunda, ushbu hajmning faqat 10% jadvallar, tartibga solingan ma'lumotlar bazalari va boshqalar sifatida odatiy tuzilgan shaklda taqdim etiladi. 90% axborot strukturasisiz shaklda saqlanadi.

# Mis konlarini geologik qidirishda sun'iy intellekt texnologiyalari

Inson resurslari yetarli emas, shuning uchun geologik ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilishda SI tizimlaridan foydalanish zarur bo'lib qoldi. I. Nikulinning fikriga ko'ra, bu sohada 2 ta vazifa mavjud:

- ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish samaradorligini oshirish;
- statistik modellarni qurishni avtomatlashtirish.

Mashina o'rganish natijasida olingan statistik modellarning afzalligi ularning bitta ma'nogo egaligidir. Hattoki noaniq ma'lumotlar bo'lgan holda ham mashinani o'rganish muhitining standartlashtirilgan ko'rinishi tufayli modellar har qanday tadqiqotchi uchun tushunarli bo'ladi.



Shunday qilib, SI bozorining xalqaro o'yinchilari tor ixtisoslashgan SI tizimlaridan foydalanadilar. Misol uchun, "Kognitiv geolog" loyihasi - seysmik tadqiqotlar va qidiruv burg'ulash ma'lumotlarini talqin qilish uchun SIni qo'llash. Neyron tarmog'iga asoslangan geologik ob'ektning o'z-o'zini o'rganish modeli yaratildi. Bu odam ekspertlarning jamoasidan ko'ra dastlabki geologik axborot va geologik qidiruv ma'lumotlarini 6 marta tezroq va 1/3 ga aniqroq ishlov berish imkonini beradi. Shu tufayli geologik tahlilning butun sikli 6 oydan 1-2 haftagacha qisqaradi [6].



## Mis rudasini tahlil qilish



Mis rudasini tahlil qilish - foydali qazilma konining sifatini baholashning eng muhim bosqichlaridan biri. SI, neyron tarmoqlari va mashina o'rganish usullari tufayli misning granulometrik tarkibi va strukturaviy tavsiflarini ekspertlar guruhini jalb qilmasdan aniq prognoz qilishini olish mumkin [7].

Bugungi kunda pilot loyihalar doirasida konveyer tarkibini tahlil qiladigan va real vaqt rejimida rudaning tarkibini aniqlaydigan tizim qo'llanilmoqda.

Ushbu tizimni qo'llashning varinatlaridan biri - lentadagi tog' jinsining tarkibini nazorat qilish uchun ultratovush yoki rentgen datchiklarini o'rnatish.

Ikkinchi variant - videokameralar va kompyuterni ko'rish vositalarining kombinatsiyasi.

Rudani tahlil qilish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

O'rnatilgan sanoat kameralari rudaning fotosuratlarini oladi, ularga keyinchalik qayta ishlash uchun yuborilishi kerak bo'lgan qum, chang va chiqindidan rudani farqlash uchun yarim avtomatik rejimda belgilanish tushiriladi.

So'ngra SI algoritmi ushbu ma'lumotlarni son metrikalariga o'zgartiradi va rudaning har bir parchasi maydoni hisoblab chiqadi, bu bizga o'rtacha qiymatlar (konveyer maydoniga kerakli toshlar piksellari maydonining o'zaro nisbati) ni beradi.

Chiqishdagi aniqlik 80% ga teng bo'lib chiqdi, zavod miqyosida va konveyer sharoitida bu yaxshi natija. Ushbu ma'lumotlarning barchasi yordamida algoritim ruda granulalarining yiriklik foizini aniqlaydi [8].

# Tog'-kon sanoatida samosvallarni avtomatlashtirish

Eng yirik tog'-kon korporatsiyalari uchuvchisiz avtoparklarni tobora ko'proq tadbiq etmoqda: bu katta hajmdagi materiallarni ko'chirishda xavfsizlik va samaradorlikni oshiradi.

Shunday qilib, Belarusda boshqaruvchisiz samosvallar namoyish etildi. 130 tonna yuk ko'taradigan mashinalar qo'lda yoki masofadan turib boshqarilishi, shuningdek GPS/GLONASS tufayli ma'lum bir yo'nalish bo'ylab avtonom tarzda harakatlanishi mumkin. Yuk avtomobillari kunning istalgan vaqtida va har qanday ob-havo sharoitida



ishlashga imkon beruvchi optik-elektron tizim bilan jihozlangan. BelAZ muhandislari va konstruktorlari olti yil davomida noyob loyiha bilan shug'ullanib kelishdi [9].

2018 yilning noyabr oyida Komatsu Front Runner avtonom tashish tizimi (AHS) muhim bosqichga yetdi - kompaniyaning boshqaruvchisiz kon samosvallari mis, shuningdek temir rudasiga aylanish uchun mo'ljallangan 2 milliard tonnadan ortiq yuza materialini joydan joyga ko'chirdi.



Komatsu AHS tizimining birinchi tijoriy kengaytirishlari 2008 yilda Chilidagi Kodriko Gabriela Mistral (Gaby) mis konida, shuningdek, Avstraliyadagi Rio-Tinto temir rudasi konida bo'lib o'tdi. O'shandan beri ishlab chiqarish o'sib bordi. 2016 yilda 1 milliard tonna, 2017 yilning oxirida - 1,5 milliard tonna belgisi o'tildi. Bu natija bugungi kunda ekspluatatsiya qilishda

bo'lgan 130 dan ortiq avtonom yuk mashinalari tomonidan ta'minlandi.

Front Runner AHS tizimi uch qit'adagi yetti uchastkalarda mis va temir rudasi, shuningdek neft tashuvchi qumlarni tashigpn holda kunu tun ishlaydi. Yaqin 7 yil ichida Kanada neft tashuvchi qumlariga yana 175 ta avtonom samosval qo'yiladi. Tegishli shartnoma Komatsu tomonidan Alberta (Kanada) neft tashuvchi qumlarida ishlaydigan Suncor Energy kompaniyasi bilan imzolandi.

## Tog'-kon sanoatida samosvallarni avtomatlashtirish

2019 yilga kelib Arizona shtati Tusondagi sinov poligonining FrontRunner tizimini 4G/LTE xususiy tarmog'idan foydalanishga o'tkazildi. Future X tegishli yechimi Nokia kompaniyasi tomonidan taqdim etildi. Robotlashtirilgan yuk mashinalarini 3GPP standartlashtirilgan 4G/5G aloqa tarmoqlariga ulash tez orada trendga aylanishi mumkin.



Komatsu tog'-kon avtomatlashtirishidagi o'z intilishida yolg'iz emas. 2018 yilning noyabr oyida Caterpillar kompaniyasi uning Cat Command tizimi bilan jihozlangan karer samosvallari 1 milliard tashilgan tonnalar marrasiga yetganini ma'lum qildi. Bu, shuningdek, chaqiriqlarga mustaqil ravishda javob beradigan, to'g'ri holatda harakatlanadigan, tog' jinsini tushirish joyiga olib boradigan va texnik xizmat ko'rsatishni zarurligi haqida qaror qabul qilish uchun zarur bo'lgan hisobotlarni qo'shgan holda, zarur telemetriyani taqdim etadigan boshqaruvchisiz samosvallar.

## Tog'-kon sanoatida samosvallarni avtomatlashtirish

Cat Command – bu teleboshqaruvdan o‘z-o‘zini boshqarishning to‘liq avtonom tizimlarigacha yechimlarning to‘plami. Tizim nafaqat tog‘ jinslarini tashishni, balki, masalan, buldozerlar ishini avtonomlashtirish imkonini beradi.

# The cat Command

### *Syntax:*

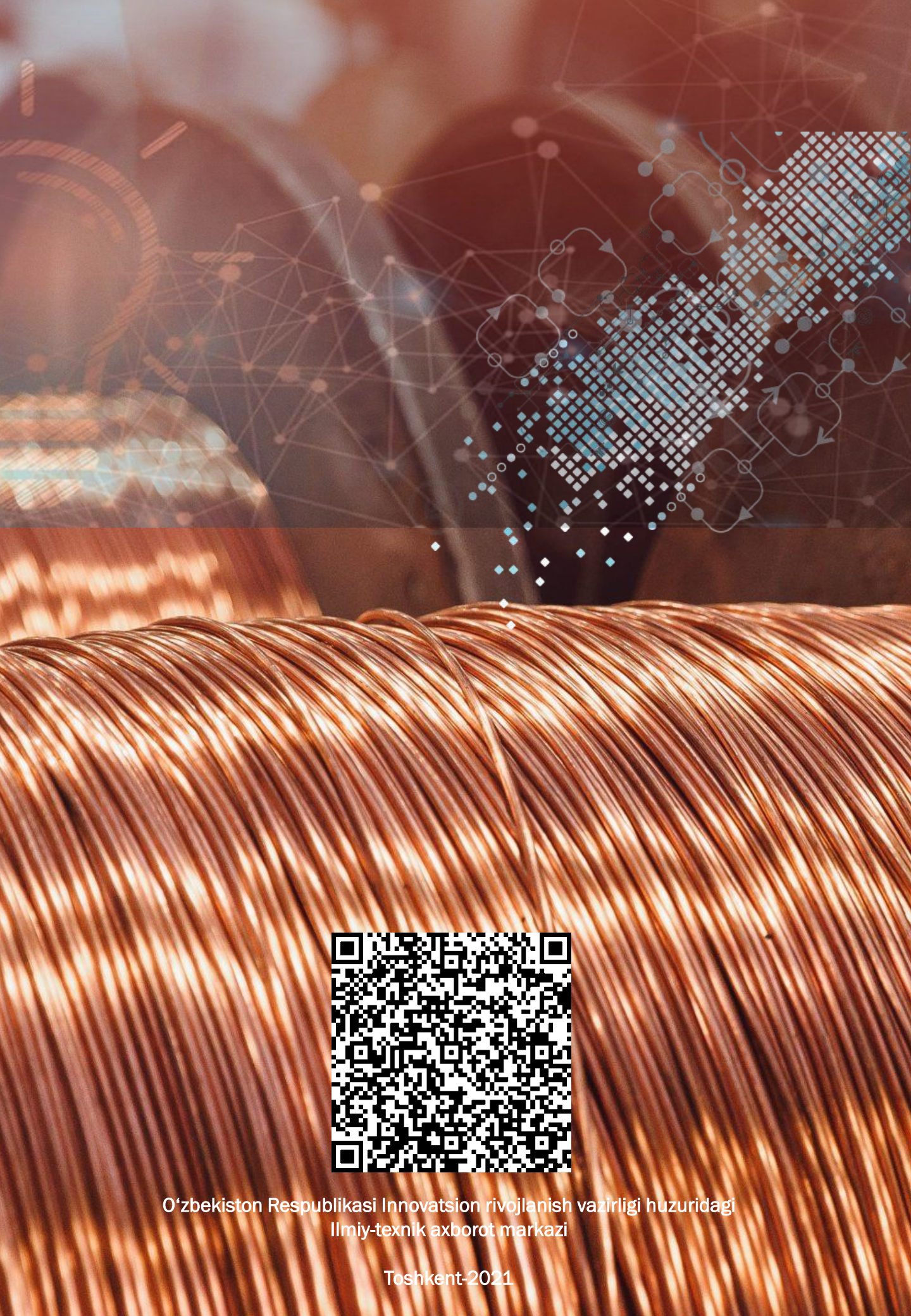
```
cat [options] [filenames] [-] [filenames]
```

### *Examples:*

```
cat nixcraft.txt  
cat nixcraft.txt > copy.txt  
cat foo | less  
cat > newfile.txt  
cat file1 file2 file3  
cat >> update.txt  
cat - file > output
```

Butun dunyo bo‘yicha, ayniqsa Chili, Avstraliya va Kanada kompaniyalari, boshqariladigan yuk mashinalari parkidan boshqaruvchisiz robotlarga o‘tmoqda. Ulardagi haydovchi mahalliy o‘z-o‘zini boshqarish tizimi va markaziy nazoratchi bilan almashtiriladi. Avtopilotlar navigatsiya uchun GPS sun‘iy yo‘ldosh navigatsiyasidan foydalanadi va u boshqa transport vositalarining joylashuvi, tezligi va harakat yo‘nalishini aniqlash uchun ham ishlatiladi. Avtonom tashishlarni joriy etish kompaniya uchun mahsuldorlikning bevosita o‘rishini anglatadi, chunki ko‘proq materiallar samarali va xavfsiz tarzda bir joydan boshqa joyga ko‘chirilishi mumkin [10].

1. Как искусственный интеллект применяется в металлургии // <https://gmk.center/opinion/kak-iskusstvennyj-intellekt-primenyaetsya-v-metallurgii/>
2. Барьеры применения искусственного интеллекта в промышленности и способы их устранения // <https://vc.ru/offline/144773-barery-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-v-promyshlennosti-i-sposoby-ih-ustraneniya>
3. Inside a mining company's AI transformation // <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/how-we-help-clients/inside-a-mining-companys-ai-transformation>
4. Робохроники ИИ: анатомия дипфейка, ИИ под ключ и как алгоритмы добывают медь // <https://vc.ru/ml/91649-robohroniki-ii-anatomiya-dipfeyka-ii-pod-klyuch-i-kak-algoritmy-dobyvayut-med>
5. Australian mine safety: создана рабочая группа по внедрению искусственного интеллекта в горном деле // <https://forpost-sz.ru/a/2018-11-15/australasian-mine-safety-journal-sozdana-rabochaya-gruppa-po-vnedreniyu-iskusstvennogo>
6. Искусственный интеллект в геологоразведке // <https://geo-guru.ru/chronika/iskusstvenny-intellekt-v-geologorazvedke/>
7. Bahram Jafrasteh, Nader Fathianpour, Alberto Suárez. Comparison of machine learning methods for copper ore grade estimation // [https://www.researchgate.net/publication/326629287\\_Comparison\\_of\\_machine\\_learning\\_methods\\_for\\_copper\\_ore\\_grade\\_estimation\\_httpsrdcube3xqu](https://www.researchgate.net/publication/326629287_Comparison_of_machine_learning_methods_for_copper_ore_grade_estimation_httpsrdcube3xqu)
8. Машинное зрение на производстве железной руды // <https://redmadrobot.ru/konsalting/ii-na-proizvodstve>
9. Карьерный разум: БелАЗ показал самосвалы с искусственным интеллектом // <https://russian.rt.com/ussr/video/569375-belorussiya-samosval-bespilotnik>
10. Автономные самосвалы сокращают расходы на горнодобычу // <http://robotrends.ru/pub/1911/avtonomnye-samosvaly-sokrashayut-rashody-na-gornodobychu>



Ўзбекистон Республикаси Innovatsion rivojlanish vazirligi huzuridagi  
Ilmiy-texnik axborot markazi

Toshkent-2021