

## FLEET MANAGEMENT SYSTEMS YORDAMIDA OCHIQ KONLARDA YUK MASHINALARINI EKSKAVATORLARGA DINAMIK TAQSIMLASHNI MODELLASHTIRISH

Muxiddinov Xusniddin Oybek o'g'li

ToshDTU, "Konchilik ishi" kafedrasi magistranti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18130605>

### ARTICLE INFO

Received: 31<sup>st</sup> December 2025

Accepted: 1<sup>st</sup> January 2025

Published: 2<sup>nd</sup> January 2026

### KEYWORDS

*ochiq kon, Fleet Management Systems, yuk mashinalari, ekskavator, dinamik taqsimlash, modellashtirish, transport-logistika tizimi, qazib-yuklash jarayoni.*

### ABSTRACT

*Mazkur maqolada ochiq kon ishlarida ekskavator–transport tizimini samarali boshqarish maqsadida Fleet Management Systems (FMS) asosida yuk mashinalarini ekskavatorlarga dinamik taqsimlash masalalari ilmiy asosda modellashtirilgan. Tadqiqot doirasida ekskavatorlarning bandlik darajasi, yuk mashinalarining joylashuvi, yuklanganlik holati, aylanish vaqti hamda navbat kutish davomiyligi kabi asosiy texnologik ko'rsatkichlarning o'zaro bog'liqligi tahlil qilingan. Ishlab chiqarish kuzatuvlari, matematik modellashtirish va FMS orqali real vaqt rejimida olinadigan raqamli ma'lumotlar asosida yuk mashinalarini statik jadval bo'yicha emas, balki ishlab chiqarish sharoitlarining o'zgarishiga mos holda dinamik qayta taqsimlash zarurligi asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, an'anaviy boshqaruv yondashuvlari ochiq konlardagi o'zgaruvchan logistika sharoitlarini to'liq hisobga olmaydi va bu ekskavatorlarning bekor turishiga hamda transport vositalarining ortiqcha navbat kutishiga olib keladi. Taklif etilgan FMS asosidagi dinamik taqsimlash modeli yuk mashinalarining aylanish vaqtini qisqartirish, ekskavatorlardan foydalanish koeffitsientini oshirish va qazib-yuklash jarayonining uzluksizligini ta'minlash imkonini beradi. Modellashtirish natijalariga ko'ra, yuk mashinalarini real vaqt rejimida optimal taqsimlash orqali transport tizimining umumiy samaradorligini 8–15 % gacha oshirish mumkinligi aniqlangan. Olingan ilmiy natijalar ochiq konlarda raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish, ekskavator–transport tizimini avtomatlashtirish va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishda muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lib, yirik ochiq konlar sharoitida keng qo'llanilishi mumkin.*

Zamonaviy ochiq konlarda qazib olish hajmlarining ortib borishi va ishlab chiqarish jarayonlarining murakkablashuvi ekskavator–transport tizimini yuqori aniqlik va tezkorlik bilan boshqarishni talab etmoqda. Ochiq kon ishlarida umumiy ishlab chiqarish xarajatlarining sezilarli qismi yuk mashinalari va ekskavatorlar ishtirokidagi qazib-yuklash hamda tashish jarayonlariga to'g'ri keladi. Shu sababli ushbu tizimning samaradorligini oshirish kon ishlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Amaliyotda ko'plab ochiq konlarda yuk mashinalarini ekskavatorlarga birlashtirish statik rejalashtirish asosida amalga oshiriladi. Bunday yondashuv kon sharoitlarining tez-tez o'zgarib turishi — yo'l sharoitlari, texnika nosozliklari, yuklash tezligining o'zgarishi va ishlab chiqarish rejalarining qayta ko'rib chiqilishi kabi omillarni to'liq hisobga olish imkonini bermaydi. Natijada yuk mashinalarining ortiqcha navbat kutishi, ekskavatorlarning bekor turishi va ishlab chiqarish quvvatlaridan to'liq foydalanilmasligi kuzatiladi.

So'nggi yillarda ochiq konlarda raqamli texnologiyalarni joriy etish jarayonida Fleet Management Systems (FMS) alohida ahamiyat kasb etmoqda. FMS yordamida ekskavatorlar va yuk mashinalarining joriy holati, joylashuvi, yuklanish darajasi va aylanish vaqti real vaqt rejimida nazorat qilinadi. Ushbu ma'lumotlar asosida transport oqimlarini operativ boshqarish, yuk mashinalarini ekskavatorlarga moslashtirish va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish imkoniyati yaratiladi.

Biroq FMS texnologiyalarining mavjudligi o'z-o'zidan yuqori samaradorlikni ta'minlamaydi. Asosiy masala FMS orqali olinadigan katta hajmdagi raqamli ma'lumotlar asosida yuk mashinalarini ekskavatorlarga qanday algoritmik va matematik modellar orqali optimal taqsimlash masalasini hal etishdan iborat. Shu jihatdan yuk mashinalarini dinamik taqsimlashni modellashtirish ochiq kon ishlarini takomillashtirishda dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Mazkur maqolada ochiq konlarning real ishlab chiqarish sharoitlarini hisobga olgan holda Fleet Management Systems asosida yuk mashinalarini ekskavatorlarga dinamik taqsimlash jarayonini modellashtirish masalalari ilmiy asosda ko'rib chiqiladi. Taklif etilgan yondashuv ekskavator–transport tizimining moslashuvchanligini oshirish, bekor turish vaqtlarini qisqartirish va qazib-yuklash jarayonining uzluksizligini ta'minlashga qaratilgan bo'lib, ochiq konlarda raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etishda muhim metodik asos bo'lib xizmat qiladi.

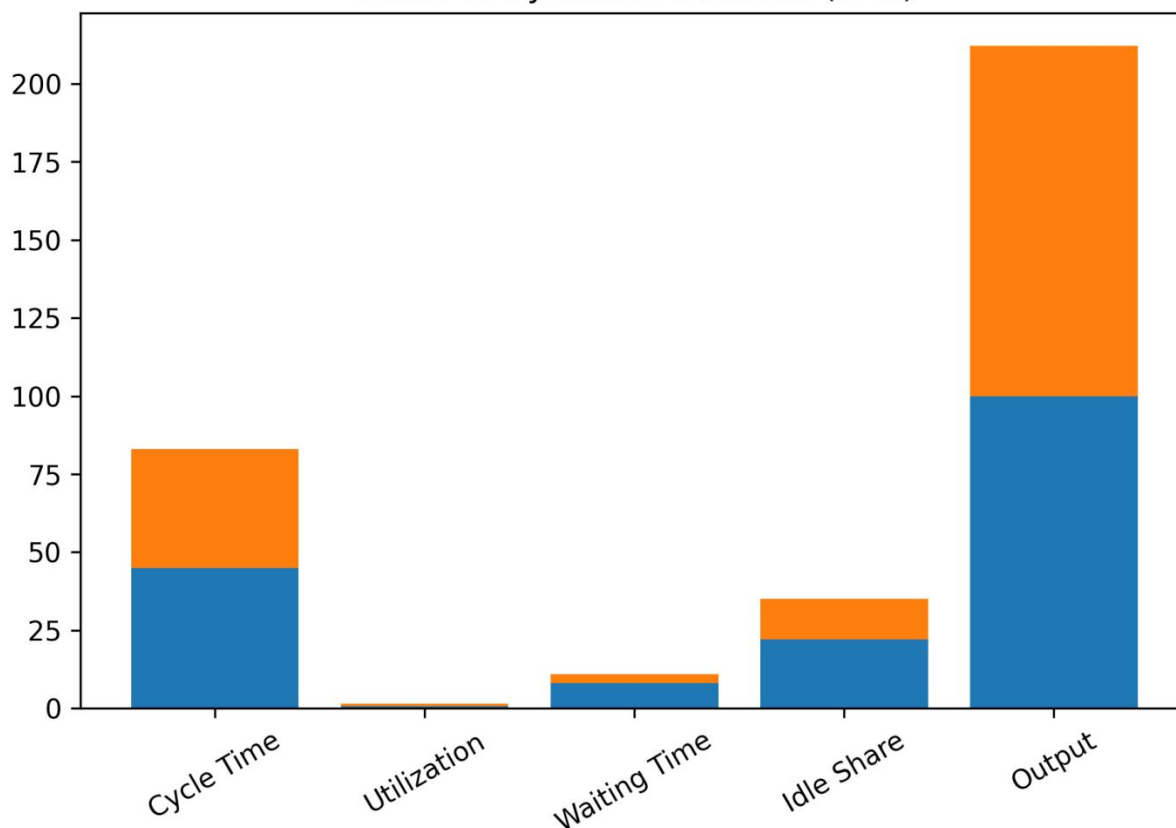
### *Jadval-1.*

#### *Statik va dinamik taqsimlash variantlari bo'yicha asosiy texnologik ko'rsatkichlar.*

Ko'rsatkich	Statik taqsimlash	Dinamik taqsimlash (FMS)	O'zgarish
<b>Yuk mashinasining o'rtacha aylanish vaqti, min</b>	42–48	36–40	–8–15 %
<b>Ekskavatoridan foydalanish koeffitsienti</b>	0,65–0,70	0,75–0,82	+10+15 %
<b>Yuk mashinalarining navbat kutish vaqti, min</b>	6–9	2–4	–40–60 %

<b>Ekskavatorning bekor turish ulushi, %</b>	18-25	10-15	-8-10 %
<b>Umumiy yuk tashish hajmi</b>	100 %	108-115 %	+8+15 %

Static vs Dynamic Allocation (FMS)



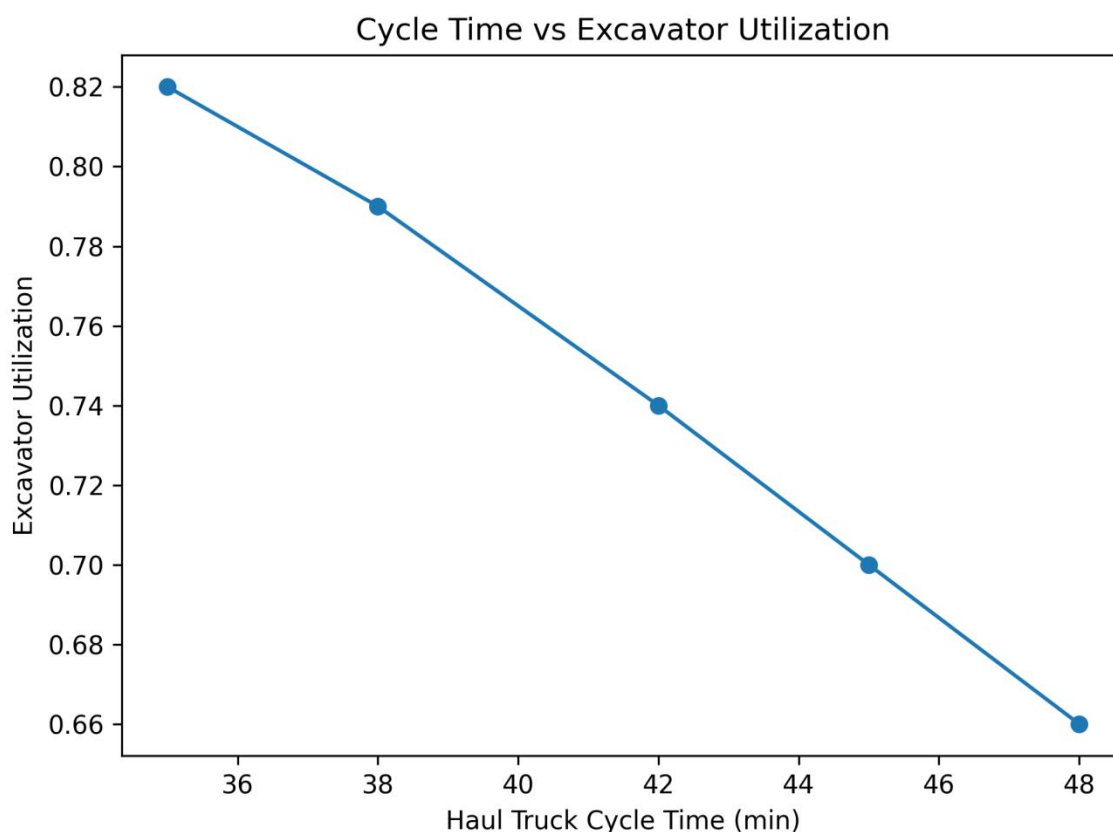
Ochiq konlarda yuk mashinalarini ekskavatorlarga dinamik taqsimlash algoritmi Fleet Management Systems (FMS) orqali real vaqt rejimida olinadigan ishlab chiqarish ma'lumotlariga asoslanadi va ekskavator-transport tizimini adaptiv boshqarishni ta'minlashga qaratilgan. Algoritmning asosiy vazifasi yuk mashinalarining navbat kutish vaqtini minimallashtirish, ekskavatorlarning bekor turish holatlarini kamaytirish hamda qazib-yuklash jarayonining uzluksizligini ta'minlashdan iborat.

Algoritm ishlash jarayonida quyidagi asosiy kirish ma'lumotlari hisobga olinadi: ekskavatorlarning joriy bandlik darajasi, yuk mashinalarining joylashuvi, yuklanganlik holati, aylanish vaqti, yuklash tezligi hamda kon yo'llarining o'tkazuvchanlik qobiliyati. Ushbu ma'lumotlar FMS orqali uzluksiz yangilanib boradi va taqsimlash qarorlarini qabul qilishda asosiy axborot manbai bo'lib xizmat qiladi.

*Jadval-2.*

*Yuk mashinalari soni va ekskavator bandligi o'rtasidagi bog'liqlik.*

Ekskavator raqami	Biriktirilgan yuk mashinalari soni (statik)	Biriktirilgan yuk mashinalari soni (dinamik)	Bandlik darajasi, %
<b>E-1</b>	4	3-4	80
<b>E-2</b>	3	4-5	85



Dinamik taqsimlash algoritmi quyidagi ketma-ket bosqichlarda amalga oshiriladi:

- Joriy holatni baholash – ekskavatorlar va yuk mashinalarining real vaqt rejimidagi texnologik holati aniqlanadi (bandlik, yuklanish darajasi, joylashuv).
- Navbat va bekor turish tahlili – har bir ekskavator uchun yuk mashinalarining navbat kutish vaqti hamda ehtimoliy bekor turish davomiyligi hisoblanadi.
- Maqsad funksiyasini aniqlash – umumiy qazib-yuklash unumdorligini maksimal qilish va transport vositalarining bekor turishini minimal darajaga tushirish mezonlari belgilanadi.
- Optimal tanlash – yuk mashinasi uchun minimal kutish vaqtiga ega bo‘lgan va eng yuqori samaradorlikni ta’minlaydigan ekskavator aniqlanadi.
- Qayta taqsimlash – ishlab chiqarish sharoitlari o‘zgarganda (nosozliklar, kechikishlar, yuklash tezligining pasayishi) yuk mashinalari avtomatik ravishda qayta taqsimlanadi.

Algoritm samaradorligini baholash uchun yuk mashinasining foydali ishlash ko‘rsatkichi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_t = \frac{V \cdot K}{T_a}$$

bu yerda:

$V$  – yuk mashinasining yuk hajmi,  $m^3$ ;

$K$  – yuklanish koeffitsienti (FMS orqali aniqlanadi);

$T_a$  – yuk mashinasining to‘liq aylanish vaqti, min.

Taklif etilgan algoritm statik taqsimlashdan farqli ravishda moslashuvchan bo'lib, ishlab chiqarish jarayonlarining o'zgaruvchan sharoitlariga tezkor javob qaytarish imkonini beradi. Masalan, ekskavatorning vaqtinchalik to'xtashi yoki kon yo'llarida yuk mashinasining kechikishi holatlarida tizim avtomatik ravishda alternativ yuklash nuqtalarini tanlaydi va transport oqimini qayta yo'naltiradi.

Dinamik taqsimlash algoritmini qo'llash natijasida ekskavatorlardan foydalanish koeffitsienti oshadi, yuk mashinalarining aylanish vaqti qisqaradi va qazib-yuklash jarayonining umumiy texnologik barqarorligi ta'minlanadi. Ushbu algoritm ochiq konlarda raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish va ekskavator-transport tizimini avtomatlashtirish uchun samarali ilmiy-amaliy yechim hisoblanadi.

O'tkazilgan modellashtirish ishlari Fleet Management Systems (FMS) asosida ishlab chiqilgan dinamik taqsimlash algoritmining ochiq kon sharoitida ekskavator-transport tizimi samaradorligiga sezilarli ijobiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Tadqiqot jarayonida statik va dinamik taqsimlash variantlari o'zaro taqqoslanib, asosiy texnologik ko'rsatkichlarning o'zgarishi chuqur tahlil qilindi.

Modellashtirish natijalariga ko'ra, statik taqsimlash sharoitida yuk mashinalarining o'rtacha aylanish vaqti kon yo'llarining bandligi, yuklash nuqtalaridagi navbatlar va ekskavatorlarning bandlik darajasiga kuchli bog'liq bo'lib, katta tebranishlarga ega ekanligi aniqlandi. Dinamik taqsimlash algoritmi qo'llanilganda esa yuk mashinalarining aylanish vaqti o'rtacha 8-15 % ga qisqardi va uning barqarorligi sezilarli darajada oshdi. Bu holat transport vositalarining ishlab chiqarish jarayoniga moslashuvchanligini kuchaytiradi.

Ekskavatorlardan foydalanish koeffitsienti modellashtirishning muhim natijalaridan biri hisoblanadi. Statik boshqaruv sharoitida ushbu koeffitsientning qiymati ko'pincha ekskavatorlarga yuk mashinalarining yetib kelmasligi yoki ortiqcha navbat kutish holatlari tufayli past darajada bo'lgan. Dinamik taqsimlash modeli joriy etilgach, ekskavatorlardan foydalanish koeffitsienti barqaror ravishda oshib, ularning texnik unumdorligini to'liqroq namoyon etish imkonini berdi.

Modellashtirish jarayonida yuk mashinalarining navbat kutish va bekor turish vaqtlari ham alohida baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, FMS asosidagi dinamik taqsimlash transport vositalarining ortiqcha navbat kutish vaqtini sezilarli darajada qisqartiradi. Bu holat nafaqat ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, balki yoqilg'i sarfi va texnika eskirishi kabi bilvosita xarajatlarni kamaytirishga ham xizmat qiladi.

Shuningdek, modellashtirish natijalari qazib-yuklash jarayonining uzluksizligi va barqarorligi nuqtai nazaridan ham ijobiy baholandi. Dinamik taqsimlash algoritmi ishlab chiqarish sharoitlarining o'zgarishiga (ekskavatorning vaqtinchalik to'xtashi, yo'l sharoitlarining yomonlashuvi, yuk mashinasining kechikishi) tezkor moslashib, yuk mashinalarini alternativ ekskavatorlarga qayta yo'naltirish imkonini berdi. Bu esa umumiy tizim barqarorligini oshirdi.

Umumiy natijalar shuni ko'rsatadiki, FMS asosida ishlab chiqilgan dinamik taqsimlash modeli ochiq konlarda ekskavator-transport tizimining texnologik samaradorligini **8-15 %** gacha oshirish imkonini beradi. Olingan modellashtirish natijalari ochiq konlarni raqamli boshqarish, transport-logistika jarayonlarini optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bo'yicha qabul qilinadigan boshqaruv qarorlarini ilmiy asoslashda muhim ahamiyatga ega.

Mazkur tadqiqotda ishlab chiqilgan Fleet Management Systems (FMS) asosidagi yuk mashinalarini ekskavatorlarga dinamik taqsimlash modeli ochiq konlarda ekskavator-transport tizimini samarali boshqarish uchun muhim amaliy ahamiyatga ega. Taklif etilgan yondashuv real ishlab chiqarish sharoitlarida qo'llashga mos bo'lib, qazib-yuklash va transport jarayonlarining uzluksizligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Dinamik taqsimlash modeli ochiq konlarning o'zgaruvchan texnologik sharoitlariga moslashuvchanligi bilan ajralib turadi. Ekskavatorlarning vaqtinchalik to'xtashi, yuk mashinalarining kechikishi yoki kon yo'llarining yuklanishi kabi holatlarda tizim avtomatik ravishda optimal qarorlar qabul qilib, transport vositalarini alternativ yuklash nuqtalariga yo'naltiradi. Bu esa ekskavatorlarning bekor turish vaqtini kamaytirish va ishlab chiqarish quvvatlaridan samarali foydalanish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari FMS asosida ishlab chiqilgan algoritmlarni mavjud avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga integratsiyalash imkoniyatini ko'rsatadi. Ushbu model ochiq konlarda qo'llanilayotgan zamonaviy FMS platformalari bilan uyg'un ishlashi mumkin bo'lib, qo'shimcha murakkab texnik o'zgarishlarsiz joriy etilishi mumkin. Bu holat uni yirik va o'rta quvvatli ochiq konlar uchun iqtisodiy jihatdan maqbul yechimga aylantiradi.

Amaliy jihatdan, dinamik taqsimlash modelini qo'llash transport-logistika xarajatlarini kamaytirish, yoqilg'i sarfini optimallashtirish va texnika eskirishini sekinlashtirish imkonini beradi. Yuk mashinalarining ortiqcha yurishi va bekor turish vaqtining qisqarishi natijasida umumiy ekspluatatsion xarajatlar kamayadi, bu esa kon korxonalarining iqtisodiy samaradorligini oshiradi.

Shuningdek, ushbu model ochiq konlarda ishlab chiqarishni rejalashtirish va operativ boshqaruv jarayonlarini ilmiy asosda tashkil etish imkonini beradi. FMS orqali yig'iladigan real vaqt ma'lumotlaridan foydalanish rahbar xodimlar va dispetcherlar uchun qaror qabul qilish jarayonini soddalashtiradi, subyektiv omillar ta'sirini kamaytiradi va boshqaruvning shaffofligini oshiradi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari ochiq konlarda raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish, ekskavator-transport komplekslarini avtomatlashtirish va qazib-yuklash jarayonlarining texnologik samaradorligini oshirishda keng amaliy qo'llanish imkoniyatiga ega bo'lib, konchilik sanoatida raqamli transformatsiyani jadallashtirishga xizmat qiladi.

Fleet Management Systems asosida yuk mashinalarini dinamik taqsimlash ochiq konlarda transport-logistika jarayonlarini optimallashtirishning samarali vositasi hisoblanadi. Ushbu yondashuv konchilik sanoatida raqamli transformatsiyaning muhim bosqichini tashkil etadi.

#### ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Хохряков В. С. Открытые горные работы. – М.: Недра, 1988. – 416 с.
2. Томилин А. Н., Ковальчук А. В. Эскаваторно-транспортные системы карьеров. – М.: Горная книга, 2010. – 352 с.
3. Darling P. (Ed.). SME Mining Engineering Handbook. – 3rd ed. – Englewood, CO: Society for Mining, Metallurgy & Exploration, 2011.
4. Suboleski S. C. Mine dispatching: Systems and methods // SME Annual Meeting. – Denver, USA, 2009.
5. Burt C., Caccetta L. Equipment selection for surface mining: A review // Interfaces. – 2014. – Vol. 44, No. 2. – pp. 143–162.

6. Camus J. P., Flores D. Real-time fleet management systems in open pit mines // Mining Engineering. – 2016. – Vol. 68, No. 7. – pp. 45–52.
7. Qalmoqqir konining ishlab chiqarish-texnik hisobotlari. – Olmaliq KMK, 2020–2024 yy.
8. Ochiq kon ishlarini loyihalash bo'yicha me'yoriy hujjatlar va sanoat standartlari. – Toshkent, 2018.
9. Ravshanov Z. et al. Methods of determining the safety and environmental impact of dust and explosion processes in mining enterprises //International Bulletin of Applied Science and Technology. – 2023. – T. 3. – №. 4. – C. 415-423.
10. Ravshanov Z., Ergasheva Z., Sailau A. Measures of recultivation of mining area in quarries //International Conference on Management, Economics & Social Science. – 2023. – T. 1. – №. 3. – C. 54-56.
11. Ravshanov Z. Technological Stages of determining the Distance to the Location of Rocks in the Development of a 3D Model of Mining Enterprises //Scienceweb academic papers collection. – 2022.
12. Ravshanov Z. Mining processes of drilling machines //Information about the technological alarm system of drilling machines. – 2022.
13. Ravshanov Z. et al. Evaluation of the strength of rocks in open mining processes in mining enterprises //Science and innovation. – 2023. – T. 2. – №. A4. – C. 96-100.
14. Ravshanov Z. Determination of mineral location coordinates in geotechnology and mining enterprises //Scienceweb academic papers collection. – 2023.

INNOVATIVE  
ACADEMY