

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

2026-YIL

OKTABR/ 10-SON, I-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN
INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, oktabr.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afforovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

LEARNING TRAJECTORIES OF INCLUSIVE LEARNERS IN AN INTENSIVE PEER-TO-PEER LEARNING ENVIRONMENT: POOL-TO-MAIN-TRACK TRANSITION AND PERSISTENCE	9
Ibrojimova Nodira	
DON MAHSULOTLARI KORXONALARIDA RESURSLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH VA TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI	14
Aipova Iroda Ikramovna	
BOSHQARUV HISOBOTI SIFATINI BAHOLASH, ICHKI NAZORAT VA AUDIT MEKANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	18
Eshniyazova Yulduz Yuldashbayevna	
KONTREYLER TASHISHLARINI TASHKIL ETISHDA YUK OQIMLARINI TRANSPORT TARMOG'I BO'YICHA TAQSIMLASH.....	22
Yakupbayev Xamid, Myxamedova Ziyoda, Boboyev Diyor	
QUYOSH ENERGIYASI ASOSIDAGI NAMLANTIRISH-BUG'LANTIRISH USULIDAGI CHUCHUKLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI: TIZIM VA KOMPONENT DARAJASIDAGI INNOVATSIYALARNING TAHLILIIY SHARHI.	28
G'afurova Marjona Tolib qizi	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОЦЕНКЕ КРЕДИТНОГО РИСКА В КОММЕРЧЕСКИХ БАНКАХ	34
Джуманиязов Икрам Каримбаевич	
BANK RISKLARINI BOSHQARISHDA INTELLEKTUAL TEXNOLOGIYALAR: XORIJIY TAJRIBA VA O'ZBEKISTONDA BARQAROR MOLIYAVIY RIVOJLANISH UCHUN YO'NALISHLAR	40
Mirsoatov Alisher Qudratullayevich	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГЛАСПИРИНА.....	48
Р. К. Каримов, С. С. Саидов, Ф. Ахмедова	
O'ZBEKISTONDA VALYUTA SIYOSATI ORQALI IQTISODIY RIVOJLANISHNI TA'MINLASH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI.....	53
Norbaeva Muxlisa Akram qizi	
MARKAZLASHTIRILGAN KAPITAL QO'YILMALAR HISOBIGA MOLIYALASHTIRILADIGAN QURILISH OBYEKTLARIDA XARAJATLAR TARKIBINING DINAMIK TAHLILI.....	63
Bozorov Bobur Haqberdiyevich	
"TUMSHUKTAU" KONI TEXNOLOGIK NAMUNASINI SORBSION SIANLASH ORQALI QIMMATBAHO METALLAR AJRATIB OLISH DARAJASINI TADQIQ QILISH.....	70
Xolmurodov Feruzjon, Raupov Subhonjon	
KONSALTING KOMPANIYALARIDA RAQAMLI TRANSFORMATSIYA JARAYONLARINI STRATEGIK BOSHQARISH MEKANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	75
Ermamatova Shohsanam Ermamat qizi	
РОЛЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАЗВИТИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ: ОПЫТ УЗБЕКИСТАНА ..	81
Абдураимова Нилуфар Хусеновна	
FACTORS INFLUENCING CUSTOMER TRUST AND BRAND PERCEPTION IN INSURANCE COMPANIES: PERSONAL EXPERIENCE, BORROWED EXPERIENCE AND THE ASYMMETRY OF THE CLAIM	87
Ibragimova Maftunakhon Shukhratjon kizi	
TIBBIY BOG'LOV MATERIALLARI ISHLAB CHIQRISH JARAYONIDA HOSIL BO'LADIGAN OQOVA SUVLAR VA ULARNI TOZALASH IMKONIYATLARI	94
Abdullayeva D.K., Bozorboyeva L.U.	
O'ZBEKISTONDA ONKOLOGIK KASALLIKLAR BILAN KASALLANISHNING BOLALAR STATISTIK TAHLILI	98
Yakubov Maksadxan, To'ychiyeva Dilnavozxon	



ORTOTROP PARALLELEPIPED MASALASINI DEFORMATSIYA NAZARIYASI ASOSIDA SONLI YECHISH	103
Yusupov Yusufbay, Yusupova Nazokat	
TRIKOTAJ MATOLARINING KO'P DAVRLI CHO'ZILISH DEFORMATSIYASINI MATEMATIK	
MODELLASHTIRISH VA REGRESSIYA TAHLILI	113
Axmedova Moxinur Fayzullo qizi, Ubaydullayeva Dilara Hamidovna	
MASHINASOZLIK ISHLAB CHIQRISHIDA 3D MODELLASHTIRISHNING ROLI	119
Usmonov Abbos Valijon o'g'li	
BUYUMLAR INTERNETIDA XAVFSIZLIK VA MAXFIYLIKNI BOSHQARISHNING INTEGRATSIYALASHGAN	
KONSEPTUAL MODEL	123
Habibjonova Guldofarid Murodjon qizi	
TURISTIK BRENDNI RAQAMLI MARKETING VOSITALARI ASOSIDA SHAKLLANTIRISH VA ILGARI	
SURISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEXANIZMI	131
Tursunova Shaxnoza Farxod qizi	
TABIIY GAZNI NORDON GAZLARDAN TOZALASH JARAYONINING TEXNOLOGIK SXEMASI VA ABSORBER	
QURILMASINING ISHLASH SAMARADORLIGI	137
Nazarov Feruz, Abdirashidov Durbek, Nazarov Farxod	
O'ZBEKISTON OLIY TA'LIM TIZIMIDA IQTISODIY FAOLIYAT VA ADAPTIV BOSHQARUVNING	
ZAMONAVIY HOLATI TAHLILI	142
O'lmasxo'jayev Zoirxo'ja Abbos o'g'li	
NUMERICAL MODELING OF THREE-PHASE OIL-GAS-WATER FILTRATION IN A SINGLE-LAYER TWO-	
DIMENSIONAL POROUS MEDIUM	147
Ismailov Shixnazar, Artikbaeva Gulstan	
MEVA TERISH MASHINASI VA TIRKAMA AGREGATINING TORMOZLANISH JARAYONIDA ILMOQ KUCHI	
VA G'ILDIRAKLARGA TA'SIR ETUVCHI REAKSIYA KUCHLARINI NAZARIY TAHLIL QILISH	154
Norchayev Davron, Sardor Nigmatjonov, Norchayev Jaloliddin, Norchayev Rustam	
TARTIBGA SOLINADIGAN TARIF SHAROITIDA ELEKTR TARMOQLARI AKTIVLARINING	
QADRSIZLANISH TESTI MODEL	160
Mardanov Muzaffar Xolboyevich	
ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ	
ПРЕДПРИЯТИЯ	166
Нигмонходжаев А. А.	
CONTINUOUS-CIRCULATION CALORIMETRY AND FLOW-SPLIT UNCERTAINTY IN A TWO-BRANCH	
SOLAR RADIANT-FLOOR SYSTEM WITH MACROENCAPSULATED RT52	171
Jurabek Kamolov, Sokhib Temirov, Marjona Makhmudova	
CONTINUOUS-CIRCULATION CALORIMETRY AND FLOW-SPLIT UNCERTAINTY IN A TWO-BRANCH	
SOLAR RADIANT-FLOOR SYSTEM WITH MACROENCAPSULATED RT52	171
Jurabek Kamolov, Sokhib Temirov, Marjona Makhmudova	
XIZMAT KO'RSATISH SOHASINING INNOVATSION RIVOJLANISH DARAJASINI BAHOLASH	
METODIKASINI TAKOMILLASHTIRISH	178
Erdonov Muhammadamin Erdon o'g'li	
OBODONLASHTIRISH XIZMATLARI SUBYEKTLARIDA AN'ANAVIY KALKULYATSIYA USULLARINI	
TAKOMILLASHTIRISH	186
Sohibov Axmatjon Fazliddinovich	
KOMBINATSIYALASHGAN HAVZALI QUYOSH SUV CHUCHUTGICH QURILMASI HAVO KOLLEKTORINING	
HARORAT REJIMINI TAJRIBAVIY TADQIQ ETISH	192
Ibragimov Umidjon, Avanesov Tigran, Mirzayorova Sevara	
СОВРЕМЕННЫЕ СТРАТЕГИИ РАСШИРЕНИЯ КЛИЕНТСКОЙ БАЗЫ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ	197
Янгибоев Фуркат Баходирович	
TIJORAT BANKLARIDA MOLIVAVIY XIZMATLAR SIFATINI OSHIRISH YO'LLARI	203
Valiyev Doniyor Baxtiyor o'g'li	



OPPORTUNITIES FOR ACHIEVING ECONOMIC STABILITY IN UZBEKISTAN THROUGH EXPORT DEVELOPMENT AND INVESTMENT.....	210
Feruzbek Otaboev	
UZUMZORLAR UCHUN ROSTLANUVCHI AGROFOTOELEKTRIK QURILMALARDA MODULLARNING MAVSUMIY QIYALIGINI TANLASHNING RADIATION-ENERGETIK METODIKASI	220
Shog'o'chqorov Sanjar, Raxmatov Anvar, Abdufattoyeva Elnuraxonposhsho	
MICE SEGMENTINI MILLIY STATISTIKA TIZIMIDA HISOBGA OLISH: SATELLIT-HISOB VA INDIKATORLAR TIZIMI METODOLOGIYASI	226
Musayeva Sayyora Abduvaxitovna	
RESEARCH INTO THE PROCESS OF OBTAINING A NEW GRADE OF BITUMEN	232
Dustov Khamro, Panoev Erali, Salimov Khalim	
CLASSIFICATION OF PHASE-CHANGE MATERIALS: A BRIEF REVIEW.....	237
B.A. Hikmatov, M.S. Mirzaev	
ОБ АЛГОРИТМАХ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ И ФАКТОРИЗАЦИИ.....	244
Махмудов Адил, Хусаинов Наримон	
YASHIL IQTISODIYOTNI RIVOJLANTIRISHDA BARQAROR TRANSPORTNING O'RNI.....	251
Egamnazarov Bexzod Bahromjon o'g'li	
KICHIK VA O'RTA BIZNES SUBYEKTLARIDA RAQAMLI MARKETING SALOHİYATI VA BOSHQARUV KOMPETENSIYALARINING O'SISH SUR'ATLARIGA TA'SIRI	258
Ro'ziyev Abdurahmon Rustam o'g'li	
KOSSER DOIRAVIY SILINDRIDA BUROVCHI TO'LQINLAR: CHASTOTA TENGLAMASI VA UZUN TO'LQIN TEZLIGINING O'LCHAM EFFEKTI.....	264
Mirzoyeva G. T.	
MULK QIYMATINI BAHOLASH JARAYONINI RAQAMLASHTIRISHNING ILMIY-METODIK ASOSLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	273
Jaloliddinova Mohira Alisher qizi	
KO'ZI OJIZ TALABALAR UCHUN MATEMATIK FORMULALAR, JADVALLAR VA GRAFIKLARNI AVTOMATIK AUDIO VA BRAYL TASVIRIGA O'GIRUVCHI DASTURIY KOMPLEKS YARATISH	278
O'rolov Sherzod Muzaffar o'g'li	

KO'ZI OJIZ TALABALAR UCHUN MATEMATIK FORMULALAR, JADVALLAR VA GRAFIKLARNI AVTOMATIK AUDIO VA BRAYL TASVIRIGA O'GIRUVCHI DASTURIY KOMPLEKS YARATISH

O'rolov Sherzod Muzaffar o'g'li

O'zbekiston Milliy universiteti

Yoshlar bilan ishlash, ma'naviyat va ma'rifat bo'limi xodimi

ORCID: 0009-0009-6638-1196

E-mail: sherzoduralov03@gmail.com

Ibodullayev Jahongir Mahammadi o'g'li

Jahon iqtisodiyoti va diplomatiya universiteti stajyor-o'qituvchisi

ORCID: 0009-0004-5383-812X

E-mail: j.ibodullayev@uwed.uz, jahon18gir@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada ko'zi ojiz talabalarning matematik materiallarni mustaqil o'zlashtirishiga to'sqinlik qiluvchi asosiy omil - formulalar, jadvallar va grafiklarning ko'rib idrok etishga mo'ljallangan ikki o'lchovli tuzilishi tahlil qilinadi. Ushbu muammoni hal etish uchun bunday obyektlarni avtomatik ravishda o'zbek tilidagi audio va Brayl shakliga o'giruvchi dasturiy kompleks taklif etiladi. Kompleks beshta moduldan iborat: kirish, semantik tahlil, audio generatsiya, Brayl generatsiyasi va chiqarish. Formula abstrakt sintaktik daraxtga (AST) aylantiriladi, so'ngra daraxtni rekursiv aylanib chiqish orqali prosodik belgilarga ega nutq matni va Nemeth kodidagi Brayl yozuvi hosil qilinadi. Jadvallar ustun sarlavhalari saqlangan holda navigatsiya qilinadigan audio shaklga va chiziqli Brayl formatiga, funksiya grafiklari esa logarifmik chastota akslantirishiga asoslangan sonifikatsiyaga hamda 8 nuqtali taktil rastrga o'giriladi. 350 ta obyektдан iborat test to'plamida audio shaklga o'girish aniqligi 96,3% ni, Brayl yozuviga o'girish aniqligi 94,3% ni tashkil etdi. 12 nafar ko'zi ojiz talaba ishtirokidagi sinovda grafik xossalarni aniqlash bo'yicha to'g'ri javoblar ulushi 41,7% dan 85,0% gacha oshdi.

Kalit so'zlar: ko'zi ojiz talabalar, inklyuziv ta'lim, Brayl yozuvi, Nemeth kodi, matematik formulalar, sonifikatsiya, nutq sintezi, taktil grafika, abstrakt sintaktik daraxt.

Аннотация. В статье анализируется основной фактор, препятствующий самостоятельному освоению математических материалов студентами с нарушением зрения, - двумерная структура формул, таблиц и графиков, предназначенная для визуального восприятия. Для решения данной проблемы предлагается программный комплекс, обеспечивающий автоматическое преобразование таких объектов в аудио- и брайлевский форматы на узбекском языке. Комплекс состоит из пяти модулей: ввода, семантического анализа, генерации аудио, генерации Брайля и вывода. Формула преобразуется в абстрактное синтаксическое дерево (AST), после чего посредством рекурсивного обхода дерева формируются речевой текст с просодическими маркерами и брайлевское представление в коде Немета. Таблицы преобразуются в навигационный аудиоформат с сохранением заголовков столбцов и в линейный брайлевский формат, а графики функций - в сонфикацию на основе логарифмического отображения частот и 8-точечный тактильный растр. На тестовой выборке, включавшей 350 объектов, точность преобразования в аудиоформат составила 96,3%, а точность преобразования в брайлевское представление - 94,3%. В эксперименте с участием 12 студентов с нарушением зрения доля правильных ответов при определении свойств графиков увеличилась с 41,7% до 85,0%.

Ключевые слова: студенты с нарушением зрения, инклюзивное образование, шрифт Брайля, код Немета, математические формулы, сонфикация, синтез речи, тактильная графика, абстрактное синтаксическое дерево.

Abstract. The article analyzes the main factor hindering the independent acquisition of mathematical materials by visually impaired students, namely the two-dimensional structure of formulas, tables, and graphs designed for visual perception. To address this problem, a software system is proposed that automatically converts such objects into Uzbek-language audio and Braille formats. The system consists of five modules: input, semantic analysis, audio generation, Braille generation, and output. A mathematical formula is converted into an abstract syntax tree (AST), after which recursive tree traversal is used to generate speech text with prosodic markers and Braille notation in the Nemeth Code. Tables are converted into a navigable audio format while preserving column headings and into a linear Braille format, whereas function graphs are transformed into sonification based on logarithmic frequency mapping and an 8-dot tactile raster. On a test



dataset consisting of 350 objects, the accuracy of conversion into audio format reached 96.3%, while the accuracy of Braille conversion was 94.3%. In an experiment involving 12 visually impaired students, the proportion of correct answers in identifying graph properties increased from 41.7% to 85.0%.

Keywords: visually impaired students, inclusive education, Braille, Nemeth Code, mathematical formulas, sonification, speech synthesis, tactile graphics, abstract syntax tree.

KIRISH

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, dunyoda kamida 2,2 milliard kishi u yoki bu darajadagi ko'rish nuqsoniga ega [1]. Ularning bir qismi oliy ta'lim muassasalarida tahsil oladi va texnik, iqtisodiy hamda tabiiy fanlar doirasida matematikani o'rganadi. O'zbekistonda 2020-yilda qabul qilingan «Nogironligi bo'lgan shaxslarning huquqlari to'g'risida»gi Qonun [2] ta'lim olishda teng imkoniyatlar yaratishni kafolatlaydi. Biroq amalda matematik matnlar ko'zi ojiz talabalar uchun hamon eng jiddiy to'siq bo'lib qolmoqda.

Buning sababi oddiy. Oddiy matn chiziqli tuzilishga ega, shu bois uni ekranni o'qish dasturi (screen reader) so'zma-so'z o'qib bera oladi. Formula esa ikki o'lchovli obyekt: kasrning surati maxrajidan yuqorida, daraja ko'rsatkichi asosdan yuqorida, integral chegaralari esa belgining ostida va ustida joylashadi. Masalan, $(a+b)/c$ va $a+b/c$ ifodalari ekranni o'qish dasturida bir xil eshitisli mumkin, holbuki ularning qiymatlari turlicha. Jadval va grafiklar bilan bog'liq vaziyat yanada murakkab: jadvalni qatorma-qator tinglaganda ustun sarlavhalari esdan chiqadi, grafik esa tasvir sifatida umuman idrok etilmaydi. Natijada talaba boshqa shaxs yordamiga muhtoj bo'lib qoladi va uning mustaqil ishlash imkoniyati keskin kamayadi [3, 4].

Ushbu ishda mazkur muammoni hal etuvchi dasturiy kompleks taklif etiladi. Kompleks hujjatdagi matematik obyektlarni avtomatik ravishda ajratib oladi va ularning har birini ikki shaklga – o'zbek tilidagi audio va Brayl yozuviga o'giradi. Masalaning formal qo'yilishi quyidagicha: kirish hujjati D formulalar F , jadvallar T va grafiklar G to'plamlaridan tashkil topgan bo'lsin. U holda quyidagi akslantirishni qurish talab etiladi:

$$\Phi : D \rightarrow (A, B), \quad D = F \cup T \cup G$$

bu yerda:

A – audio ifodalar to'plami,

B – Brayl ifodalar to'plami.

Bu akslantirish ikki shartni qanoatlantirishi lozim: obyektning matematik mazmunini buzmasdan yetkazishi va foydalanuvchiga obyekt ichida erkin harakatlanish imkonini berishi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

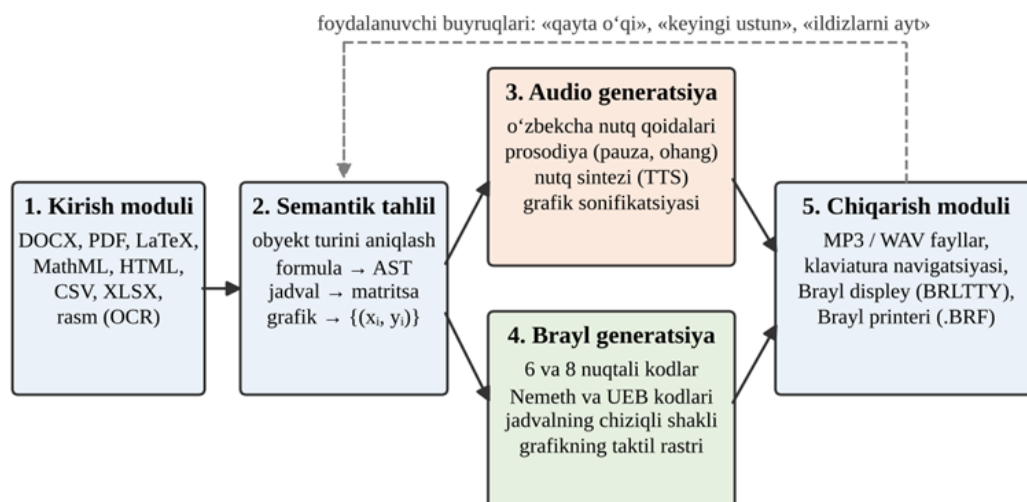
Ko'zi ojizlar uchun matematik yozuvning klassik standarti A. Nemeth tomonidan ishlab chiqilgan Brayl kodidir [5]; ingliz tilida so'zlashuvchi mamlakatlarda u bilan bir qatorda Unified English Braille (UEB) tizimi ham qo'llaniladi [6]. Matematik matnni ovozli o'qish g'oyasi ilk bor T.V. Raman yaratgan AsTeR tizimida [7] to'liq amalga oshirilgan: unda LaTeX hujjati daraxt ko'rinishida tahlil qilinib, uning tuzilishi ovoz ohangi va pauzalar yordamida ifodalangan. R. Stevens va hammualliflari [8] prosodiya formulani eshitib tushunishni sezilarli darajada yengillashtirishini tajribada isbotlagan. D. Fitzpatrick [9] hamda E. Bates va D. Fitzpatrick [10] matematik nutqda pauzalar hamda qisqa tovush belgilaridan (earcon va spearcon) foydalanish qoidalarini ishlab chiqqan. Veb-muhitda MathPlayer [11] va MathJax ning ovozli kengaytmalari [12, 13] MathML [14] standarti asosida formulalarni ovozli o'qish va ular bo'ylab harakatlanish imkonini yaratdi.

Grafiklarni tovush orqali ifodalash, ya'ni sonifikatsiya nazariyasi T. Hermann, A. Hunt va J. Neuhoff tahriri ostidagi qo'llanmada [15] hamda B. Walker va M. Nees ishida [16] tizimlashtirilgan. L. Brown va S. Brewster [17] sonifikatsiya qilingan chiziqli grafiklarni eshitib talqin qilish bo'yicha tajriba natijalarini keltirgan, J. Flowers [18] esa bu sohadagi o'n uch yillik tajribani umumlashtirgan. Matematik axborotdan ko'zi ojizlarning foydalana olishi mavzusidagi umumiy sharhlar [3, 19] ishlarda berilgan, ko'zi ojiz o'qituvchilarning amaliy tavsiyalari esa [4] ishda jamlangan. Brayl yozuviga o'g'irishning ochiq kodli vositasi sifatida liblouis kutubxonasi [20] keng qo'llaniladi.

Biroq ushbu yechimlarning deyarli barchasi ingliz tiliga yo'naltirilgan. O'zbek tilidagi formulalarni o'qish qoidalarini o'z ichiga olgan hamda jadval va grafiklarni bir vaqtning o'zida audio va Brayl shakliga o'giradigan yagona vosita hozircha mavjud emas. Maqolaning ilmiy yangiligi shundaki, unda uch turdagi matematik obyekt uchun umumiy semantik tahlil bosqichiga asoslangan va o'zbek tilidagi nutq qoidalarini hisobga oladigan yaxlit dasturiy kompleks taklif etiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Kompleks beshta moduldan tashkil topgan (1-rasm). Kirish moduli DOCX, PDF, LaTeX, MathML, HTML hamda CSV va XLSX formatidagi fayllarni qabul qiladi; rasm ko'rinishidagi formulalar optik tanib olish (OCR) yordamida LaTeX formatiga o'tkaziladi. Semantik tahlil moduli har bir obyektning turini aniqlaydi va uni ichki ko'rinishga keltiradi: formulani – abstrakt sintaktik daraxtga, jadvalni – sarlavhali matritsaga, grafikni – nuqtalar ketma-ketligiga. Audio va Brayl modullari aynan shu yagona ichki ko'rinishdan foydalanadi, shu sababli ularning natijalari bir-biriga zid kelmaydi. Kompleks Python dasturlash tilida yaratilgan, Brayl displey bilan aloqa BRLTTY [21] dasturi orqali o'rnatiladi.



1-rasm. Dasturiy kompleks arxitekturası (punktir chiziq – foydalanuvchi buyruqlari orqali teskari aloqa)¹.

Formulalarni o'girish. Formula daraxtining har bir tuguni operator (kasr, daraja, ildiz, yig'indi, integral va h.k.) yoki operand hisoblanadi. Nutq matni daraxtni rekursiv aylanib chiqish orqali quriladi:

$$S(v) = \pi(v) \oplus S(v_1) \oplus \sigma(v) \oplus S(v_2) \oplus \dots \oplus S(v_k) \oplus \omega(v) \quad (2)$$

bu yerda:

$v_1, \dots, v_k$ – v tugunning bola tugunlari;

$\pi(v)$, $\sigma(v)$, $\omega(v)$ – mos ravishda boshlovchi, ajratuvchi va yakunlovchi iboralar (masalan, kasr uchun

«kasr boshlanishi», «maxraj», «kasr oxiri»);

$\oplus$ – birlashtirish amali. Sodda obyektlar uchun boshlovchi va yakunlovchi iboralar qo'shilmaydi:

x^2 ifodasi «x kvadrat» deb o'qiladi.

Tuzilishni eshitib ilg'ash oson bo'lishi uchun bo'laklar orasiga pauza qo'yiladi; uning davomiyligi tugun balandligiga bog'liq:

$$\tau(v) = \tau_0 + \kappa \cdot h(v) \quad (3)$$

bu yerda:

$h(v)$ – ildizi v – ildizi tugunda joylashgan qism daraxtning balandligi,

$\tau_0 = 150$ ms, $\kappa = 80$ ms.

Shunday qilib, kasr surati va maxraji orasidagi pauza ichki qavslar orasidagi pauzadan uzunroq bo'ladi va tinglovchi guruhlash tartibini ovozning o'zidan sezadi. Bundan tashqari, ichma-ich joylashgan har bir qism ifoda asosiy ohangdan bir pog'ona balandroq o'qiladi.

1 Muallif ishlanmasi.



Brayl yozuvi ham shu daraxt asosida hosil qilinadi. Har bir tugun turi uchun Nemeth kodidagi indikatorlar jadvali tuzilgan: daraja ko'rsatkichi – ‘, asosiy qatorga qaytish – ‘, kasr – ‘...’, ildiz – ‘...’. Brayl katagidagi nuqtalar $b_k \in \{0, 1\}$ ikkilik vektor sifatida kodlanadi va quyidagi formula bo'yicha Unicode belgisiga

o'tkaziladi:

$$c = \sum_{k=1}^8 b_k 2^{k-1}, \quad u = 2800_{16} + c \quad (4)$$

bu yerda:

k – nuqtaning tartib raqami (6 nuqtali yozuvda $b_7 = b_8 = 0$).

Bunday kodlash natijani Brayl displeyga, Brayl printeriga (.BRF fayl) va ekranga bir xil shaklda chiqarish imkonini beradi.

Jadvallarni o'g'irish. $m \times n$ o'lchamli jadval $h_1, \dots, h_n$ sarlavhalar qatori bilan birgalikda $M = (M_{ij})$

matritsa ko'rinishida saqlanadi. Audio rejimida foydalanuvchi klaviaturadagi yo'nalish tugmalari yordamida yacheykalar bo'ylab harakatlanadi: ustun almashganda avval sarlavha, so'ngra qiymat o'qiladi (masalan, «narx: 4 250»), qator almashganda esa birinchi ustundagi qiymat eslatib o'tiladi. Shu tufayli talaba katta jadvalda ham o'z o'rnini yo'qotmaydi. Brayl rejimida har bir ustunning kengligi hisoblanadi:

$$L_j = \max_{0 \leq i \leq m} |\beta(M_{ij})|, \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

bu yerda:

β – yacheyka mazmunining Brayl transkripsiyasi,

$|\cdot|$ – kataklar soni,

$i = 0$ esa sarlavhalar qatoriga mos keladi.

Agar shart bajarilsa (– displey satrining uzunligi, odatda 40 katak), jadval ustunlari tekislangan holda chiqariladi; aks holda «qatorma-qator» formatga o'tiladi va har bir yacheyka alohida satrda o'z sarlavhasi bilan beriladi.

Grafiklarni o'g'irish. $[a; b]$ oraliqda berilgan $y = y(x)$ funksiya grafigi davomiyligi bo'lgan tovush signaliga aylantiriladi: absissa vaqtga, ordinata esa tovush chastotasiga akslantiriladi:

$$t(x) = T \frac{x-a}{b-a} \quad (6)$$

$$f(y) = f_{\min} \left(\frac{f_{\max}}{f_{\min}} \right)^{\frac{y-y_{\min}}{y_{\max}-y_{\min}}} \quad (7)$$

Logarifmik akslantirish (7) bejiz tanlanmagan: inson qulog'i chastotalar ayirmasini emas, balki ularning nisbatini sezadi, shu sababli y ning teng o'zgarishlari teng musiqiy intervallar sifatida eshitiladi. Hisoblashlarda $f_{\min} = 220$ Gs, $f_{\max} = 880$ Gs (ikki oktava) va $T = 4$ s qiymatlar olindi. Nuqtaning gorizontol holatini aniqroq yetkazish uchun stereo panorama qo'llaniladi:

$$p(x) = \frac{2(x-a)}{b-a} - 1, \quad g_L = \sqrt{\frac{1-p}{2}}, \quad g_R = \sqrt{\frac{1+p}{2}} \quad (8)$$

bu yerda:

g_L, g_R – chap va o'ng kanallarning kuchaytirish koeffitsiyentlari; (8) qonun tovushning umumiy quvvatini o'zgarmas saqlaydi. Grafikning xarakterli nuqtalari to'r tugunlarida quyidagi shartlar asosida aniqlanadi va bu nuqtalarda qisqa tovush belgisi (earcon) beriladi:

$$y_i \cdot y_{i+1} \leq 0 \text{ (ildiz)}, \quad (y_{i+1} - y_i)(y_i - y_{i-1}) < 0 \text{ (ekstremum)} \quad (9)$$

Grafikni taktil shaklda chiqarish uchun u R ta qator va $2W$ ta ustundan iborat 8 nuqtali Brayl rastriga o'tkaziladi. j -ustunda bo'rttiriladigan nuqtaning qator raqami quyidagi formula bilan topiladi:

$$r_j = \left[\frac{(R-1)(y_{\max} - y(x_j))}{y_{\max} - y_{\min}} + \frac{1}{2} \right] \quad (10)$$

bu yerda:

$[x] - x$ sonining butun qismi.

Grafikning tik qismlarida qo'shni ustunlar orasidagi bo'shliq vertikal nuqtalar bilan to'ldiriladi, koordinata o'qlari esa siyrak nuqtalar bilan belgilanadi.

Sifat mezonlari. Kompleks ikki mezon bo'yicha baholandi. O'g'irish aniqligi $Acc = \frac{N_t}{N} \cdot 100\%$ formula

bilan hisoblandi, bu yerda N_i – ekspert tomonidan to'g'ri deb topilgan natijalar soni, N – obyektlarning umumiy soni. Brayl yozuvidagi xatolar katak darajasidagi xatolik koeffitsiyenti (CER) yordamida o'lchandi:

$$\text{CER} = \frac{S+D+I}{N_c} \cdot 100\% \quad (11)$$

bu yerda:

S, D, I – etalon yozuvga nisbatan almashtirilgan, tushib qolgan va ortiqcha kataklar soni (Levenshteyn masofasi [22]),

N_c – etalon yozuvdagi kataklar soni.

TAHLIL VA NATIJALAR

Kompleks oliy matematika, algebra va statistika fanlarining o'quv materiallaridan yig'ilgan 350 ta obyektдан iborat to'plamda sinovdan o'tkazildi: 150 ta oddiy (algebraik) formula, 100 ta murakkab formula (integral, limit, matritsa, yig'indi), 60 ta jadval va 40 ta funksiya grafigi. Formulalarni o'g'irish namunalari 1-jadvalda keltirilgan (1-jadval).

1-jadval.
Formulalarni audio va Brayl shakliga o'girish namunalari²

№	Formula	Audio (nutq matni)	Brayl yozuvi (Nemeth kodi)
1	$x^2 + y^2 = r^2$	«x kvadrat plyus y kvadrat teng r kvadrat»	⠠⠭ ⠼⠒ ⠬ ⠠⠽ ⠼⠒ ⠦ ⠠⠷ ⠼⠒
2	$\frac{a+b}{c}$	«kasr boshlanishi: a plyus b; maxraj: c; kasr oxiri»	⠠⠁ ⠬ ⠠⠃ ⠰ ⠠⠉
3	$\sqrt{x+1}$	«kvadrat ildiz ostida: x plyus bir; ildiz oxiri»	⠠⠭ ⠬ ⠠⠊ ⠰ ⠠
4	$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$	«a kvadrat minus b kvadrat teng qavs ichida a minus b, ko'paytirish, qavs ichida a plyus b»	⠠⠁ ⠼⠒ ⠤ ⠠⠃ ⠼⠒ ⠦ ⠠⠁ ⠤ ⠠⠃ ⠰ ⠠⠁ ⠬ ⠠⠃

1-jadvaldagi 2-misolga e'tibor qaratsak, «kasr boshlanishi» va «kasr oxiri» iboralari $(a+b)/c$ ifodani $a+b/c$ ifodadan aniq ajratib turibdi – oddiy ekranni o'qish dasturlarida aynan shu farq yo'qoladi. Brayl yozuvida bu vazifani $\cdot$ va $\div$ indikatorlari bajaradi. Obyekt turlari bo'yicha o'qirish aniqligi 2-jadvalda keltirilgan.



2-jadval.

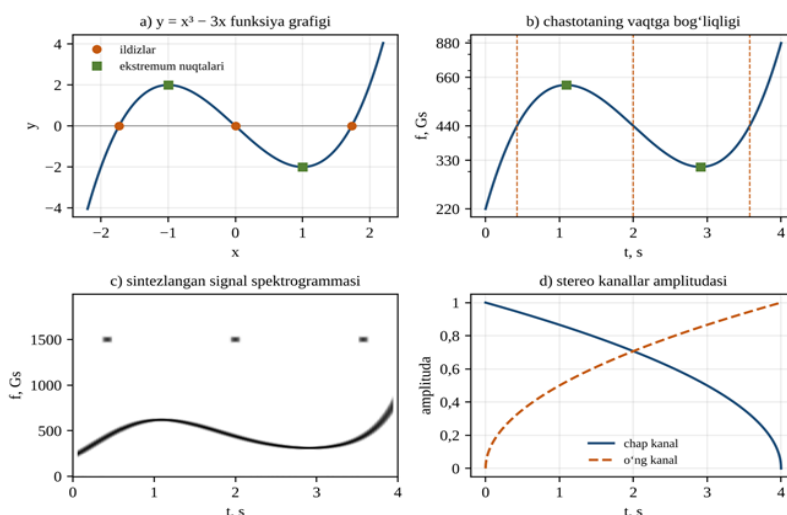
Obyekt turlari bo'yicha o'girish aniqligi va qayta ishlash vaqti³

Obyekt turi	Soni	Audio		Brayl yozuvi			O'rtacha vaqt, s
		to'g'ri o'girilgan	Acc, %	to'g'ri o'girilgan	Acc, %	CER, %	
Oddiy formulalar	150	148	98,7	146	97,3	0,6	0,21
Murakkab formulalar	100	93	93,0	90	90,0	2,1	0,48
Jadvallar	60	58	96,7	57	95,0	0,9	0,35
Grafiklar	40	38	95,0	37	92,5	—	1,12
Jami / o'rtacha	350	337	96,3	330	94,3	1,1	0,42

2-jadval va 4-rasmning a qismidan ko'rinib turibdiki, eng yuqori aniqlik oddiy formulalarda kuzatildi (audio – 98,7%, Brayl yozuvi – 97,3%). Murakkab formulalarda aniqlik 90–93% gacha pasaydi. Xatolarning asosiy qismi ikki manba bilan bog'liq: rasm ko'rinishidagi formulalarni OCR yordamida tanib olishdagi noaniqliklar hamda matritsalar va ko'p qatorli tenglamalar sistemalari uchun Nemeth qoidalarining murakkabligi. Barcha obyekt turlarida Brayl yozuvining aniqligi audio aniqligidan 1,4–3,0 foiz punktga past. Bu kutilgan natija: nutqdagi kichik noaniqlikni tinglovchi kontekstga qarab to'ldiradi, Brayl yozuvida esa bitta noto'g'ri indikator butun ifodaning tuzilishini buzadi. Bitta obyektini qayta ishlash vaqti 0,21 s dan (oddiy formula) 1,12 s gacha (grafik – sonifikatsiya va rastrni hisoblash bilan birga) o'zgardi, ya'ni kompleks real vaqt rejimida ishlay oladi.

2-rasmda $y = x^3 - 3x$ funksiyasining sonifikatsiyasi ko'rsatilgan. $[-2,2; 2,2]$ oraliqda funksiya qiymatlari $-4,05$ dan $4,05$ gacha o'zgaradi, shuning uchun (7) akslantirishga ko'ra $y = 0$ qiymatga aynan 440 Gs chastota mos keladi. Funksiyaning uchala ildizi ($x = -\sqrt{3}; 0; \sqrt{3}$) $t \approx 0,43; 2,00$ va $3,57$ s paytlarda 1500 Gs chastotali qisqa signal bilan belgilanadi. Maksimum ($x = -1$) va minimum ($x = 1$) nuqtalari $t \approx 1,09$ va $2,91$ s paytlarda mos ravishda ≈ 620 Gs va ≈ 312 Gs chastotali tovush bilan eshitiladi. Stereo panorama tufayli tinglovchi tovushning chapdan o'ngga siljishini his qiladi va nuqtaning abssissa o'qidagi o'rni taxminan aniqlay oladi.

3-rasmda formula va grafikning Brayl ko'rinishi berilgan. $x^2 + y^2 = r^2$ formulasi 15 ta katakni egallaydi: har bir daraja ko'rsatkichidan oldin $\cdot$ indikatori, «+» belgisidan oldin esa asosiy qatorga qaytish indikatori $\cdot$ qo'yiladi. $y = x^3 - 3x$ grafigining 36×10 katakli rastr standart 40 katakli Brayl displeyning o'nta satriga yoki Brayl printerida bo'rttirib chiqarilgan bitta sahifaga sig'adi. Talaba egri chiziqni barmog'i bilan kuzatib, uning ildizlari va ekstremumlarini topa oladi.

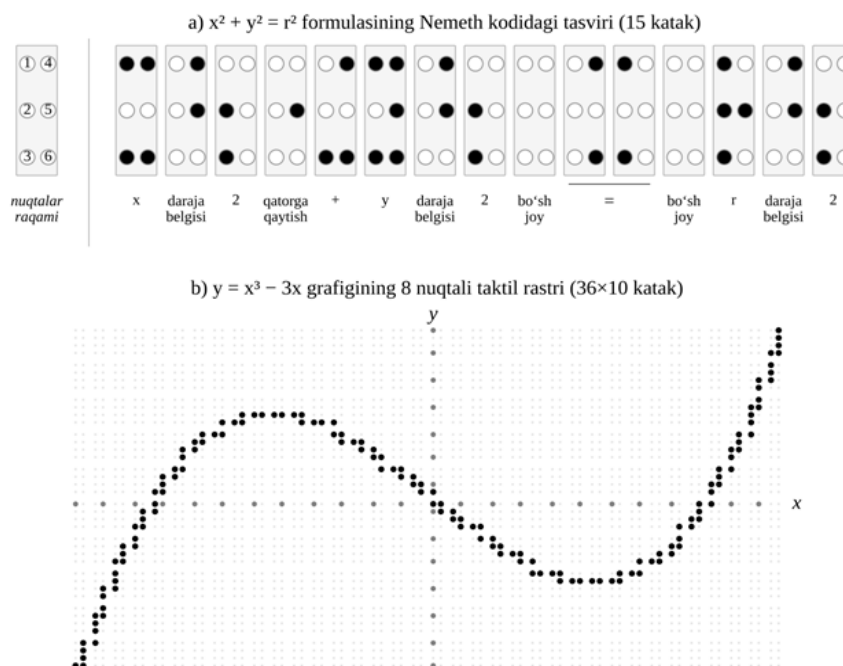
2-rasm. $y = x^3 - 3x$ funksiya grafigining sonifikatsiyasi⁴:

a) dastlabki grafik; b) chastotaning vaqtga bog'liqligi (punktir chiziqlar – ildizlar); c) sintezlangan signal

3 Tadqiqot ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlangan.

4 Tadqiqot ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlangan.

spektrogrammasi; d) stereo kanallar amplitudasi.



3-rasm. a) $x^2 + y^2 = r^2$ formulasining Nemeth kodidagi Brayl yozuvi; b) $y = x^3 - 3x$ grafigining 8 nuqtali taktil rastri⁵.

Kompleksning amaliy samaradorligini baholash maqsadida 12 nafar ko'zi ojiz talaba ishtirokida sinov o'tkazildi. Har bir talaba uch turdagi topshiriqning har biridan 5 tadan bajardi: formulani o'qib, uni soddalashtirish; jadvaldan berilgan shart bo'yicha qiymat topish; grafik bo'yicha ildizlar sonini, ekstremum nuqtalarini va monotonlik oraliqlarini aniqlash. Topshiriqlar avval an'anaviy usulda (ekranni o'qish dasturi va matnli tavsif yordamida), so'ngra taklif etilgan kompleks yordamida bajarildi. Natijalar 3-jadvalda va 4-rasmning b qismida keltirilgan (3-jadval).

3-jadval.

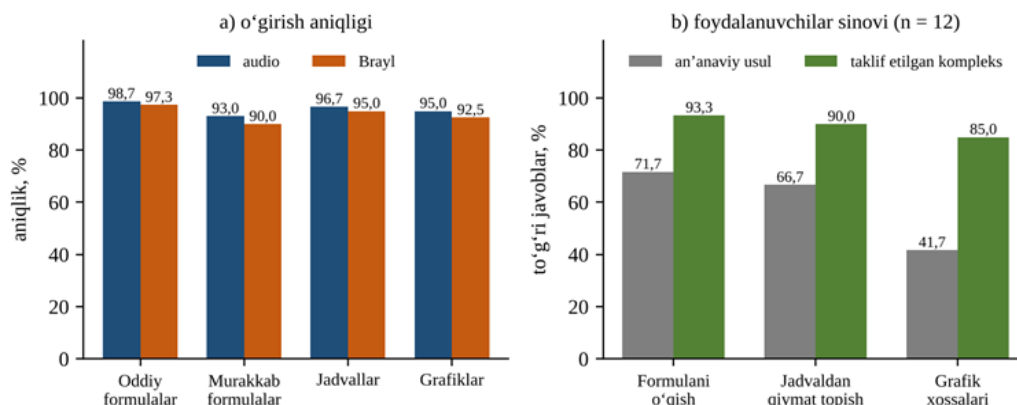
Foydalanuvchilar sinovi natijalari (n = 12, har bir topshiriq turi bo'yicha 60 ta javob)⁶

Topshiriq turi	An'anaviy usul	An'anaviy usul	Taklif etilgan kompleks	Taklif etilgan kompleks
	to'g'ri javoblar, %	o'rtacha vaqt, min	to'g'ri javoblar, %	o'rtacha vaqt, min
Formulani o'qish	71,7	3,8	93,3	2,1
Jadvaldan qiymat topish	66,7	4,6	90,0	2,4
Grafik xossalarini aniqlash	41,7	6,2	85,0	3,3

Eng katta o'sish grafiklar bilan bog'liq topshiriqlarda kuzatildi: to'g'ri javoblar ulushi 41,7% dan 85,0% gacha, ya'ni ikki baravardan ko'proq oshdi. Buni tushuntirish oson: an'anaviy usulda talaba grafik haqida faqat so'zli tavsifga ega edi, kompleks esa grafikni bevosita «eshitish» va barmoq bilan «ushlab ko'rish» imkonini berdi. Topshiriqlarni bajarish vaqti barcha turlarda taxminan 1,8–1,9 marta qisqardi. Sinovdan so'ng o'tkazilgan SUS (System Usability Scale) so'rovnomasida kompleks o'rtacha 82,4 ball to'pladi, bu «yaxshi» darajadan yuqori ko'rsatkichdir. Talabalar eng yuqori baholagan imkoniyat – formulaning istalgan qismiga qaytib, uni alohida tinglash bo'ldi.

⁵ Tadqiqot ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlangan.

⁶ Tadqiqot ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlangan.

4-rasm. Sinov natijalari⁷:

a) obyekt turlari bo'yicha o'g'irish aniqligi; b) foydalanuvchilar sinovidagi to'g'ri javoblar ulushi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tadqiqot natijasida ko'zi ojiz talabalar uchun matematik formulalar, jadvallar va grafiklarni avtomatik ravishda o'zbek tilidagi audio va Brayl shakliga o'giruvchi dasturiy kompleks yaratildi. Asosiy natijalar quyidagilardan iborat. Birinchidan, uch turdagi obyekt uchun yagona semantik tahlil bosqichi ishlab chiqildi; bu audio va Brayl natijalarining o'zaro mosligini kafolatlaydi. Ikkinchidan, formula daraxtiga asoslangan o'zbek tilidagi nutq qoidalari va daraxt balandligiga bog'liq pauza modeli (3) taklif etildi. Uchinchidan, grafiklar uchun logarifmik chastota akslantirishi, quvvatni saqlovchi stereo panorama va xarakterli nuqtalarni tovush belgisi bilan ajratishni birlashtirgan sonifikatsiya usuli hamda 8 nuqtali taktil rastr usuli ishlab chiqildi. Test to'plamida o'g'irish aniqligi audio shakl uchun 96,3% ni, Brayl yozuvi uchun 94,3% ni tashkil etdi; foydalanuvchilar sinovida grafiklarni tushunish ko'rsatkichi ikki baravardan ko'proq oshdi. Keyingi tadqiqotlarda o'zbek tilidagi matematik Brayl yozuvi qoidalarini standartlashtirish, rasm ko'rinishidagi murakkab formulalarni tanib olish aniqligini oshirish va kompleksni oliy ta'lim muassasalarining masofaviy ta'lim platformalariga integratsiya qilish rejalashtirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. World Health Organization. (2019). World report on vision. Geneva: WHO.
2. O'zbekiston Respublikasining «Nogironligi bo'lgan shaxslarning huquqlari to'g'risida»gi Qonuni. 2020-yil 15-oktabr, O'RQ-641-son. – URL: <https://lex.uz>
3. Archambault, D., Stöger, B., Fitzpatrick, D., & Miesenberger, K. (2007). Access to scientific content by visually impaired people. *Upgrade*, 8(2), 14–22.
4. Godfrey, A. J. R., & Loots, M. T. (2015). Advice from blind teachers on how to teach statistics to blind students. *Journal of Statistics Education*, 23(3).
5. Nemeth, A. (1972). *The Nemeth Braille Code for Mathematics and Science Notation, 1972 Revision*. Louisville: American Printing House for the Blind.
6. International Council on English Braille. (2013). *The Rules of Unified English Braille (2nd ed.)*.
7. Raman, T. V. (1998). *Audio System for Technical Readings. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1410. Berlin: Springer.
8. Stevens, R. D., Edwards, A. D. N., & Harling, P. A. (1997). Access to mathematics for visually disabled students through multimodal interaction. *Human-Computer Interaction*, 12(1), 47–92.
9. Fitzpatrick, D. (2006). Mathematics: how and what to speak. In: *Computers Helping People with Special Needs (ICHP 2006)*, LNCS 4061, 1199–1206. Springer.
10. Bates, E., & Fitzpatrick, D. (2010). Spoken mathematics using prosody, earcons and spearcons. In: *Computers Helping People with Special Needs (ICHP 2010)*, LNCS 6180, 407–414. Springer.
11. Soiffer, N. (2007). MathPlayer v2.1: web-based math accessibility. In: *Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '07)*, 257–258.
12. Sorge, V., Chen, C., Raman, T. V., & Tseng, D. (2014). Towards making mathematics a first class citizen in general screen readers. In: *Proceedings of the 11th Web for All Conference (W4A '14)*. ACM.
13. Cervone, D., Krautberger, P., & Sorge, V. (2016). Towards universal rendering in MathJax. In: *Proceedings of the 13th Web for All Conference (W4A '16)*. ACM.

⁷ Tadqiqot ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlangan.



14. W3C. (2014). Mathematical Markup Language (MathML) Version 3.0, 2nd Edition. W3C Recommendation.
15. Hermann, T., Hunt, A., & Neuhoff, J. G. (Eds.). (2011). The Sonification Handbook. Berlin: Logos Verlag.
16. Walker, B. N., & Nees, M. A. (2011). Theory of sonification. In: T. Hermann, A. Hunt, J. G. Neuhoff (Eds.), The Sonification Handbook (pp. 9–39). Berlin: Logos Verlag.
17. Brown, L. M., & Brewster, S. A. (2003). Drawing by ear: interpreting sonified line graphs. In: Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD 2003). Boston.
18. Flowers, J. H. (2005). Thirteen years of reflection on auditory graphing: promises, pitfalls, and potential new directions. In: Proceedings of the International Conference on Auditory Display (ICAD 2005). Limerick.
19. Pontelli, E., Karshmer, A. I., & Gupta, G. (2009). Mathematics and accessibility: a survey. In: C. Stephanidis (Ed.), The Universal Access Handbook. Boca Raton: CRC Press.
20. Liblouis – an open-source braille translator and back-translator. – URL: <https://liblouis.io>
21. BRLTTY – access to the console screen for blind persons using refreshable braille displays. – URL: <https://brltyt.app>
22. Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. Soviet Physics Doklady, 10(8), 707–710.

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 10

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100