

MUHAMMAD AL-XORAZMIY
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI
FERGANA BRANCH OF TUIT
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

“AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

TA'LIMDAGI
ILMIY, OMMABOP
VA ILMIY TADQIQOT
ISHLARI



4-SON 1(8)
2024-YIL

TATU, FARG'ONA
O'ZBEKISTON



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
FARG'ONA FILIALI

Muassis: Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

Chop etish tili: O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

Учредитель: Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

Язык издания: узбекский, английский, русский. Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

Founder: Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

Language of publication: Uzbek, English, Russian. The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2024 yil, Tom 1, №4
Vol.1, Iss.4, 2024 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniylar avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:
151100, Farg'ona sh.,
Aeroport ko'chasi 17-uy,
202A-xona
Tel: (+99899) 998-01-42
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2024 YIL

TAHRIR HAY'ATI

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Muxtarov Farrux Muhammadovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

Arjannikov Andrey Vasilevich,

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

Satibayev Abdugani Djunosovich,

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Rasulov Akbarali Maxamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

G'aniyev Abduxalil Abduljalilovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

Zayniddinov Hakimjon Nasritdinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

Abdullayev Abduljabbor,

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Qo'ldashev Obbozjon Hakimovich,

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

Ergashev Sirojiddin Fayazovich,

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

Zulunov Ravshanbek Mamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

Abdullaev Temurbek Marufovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Rasulov Akbarali Maxamatovich, Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich, To'xtasinov Azamat G'ofurovich, NOYOB MIS METALL KLASSTERLARINING GEOMETRIK TUZILISHINI KOMPYUTER EKSPERIMENTI ORQALI TADQIQ ETISH	7-11
Далиев Бахтиёр Сирождидинович, Решение уравнения Абеля методом оптимальных квадратурных формул	12-15
Saidov Mansurjon Inomjonovich, Tartiblangan statistiklarda baholarni topish usullari	16-21
Kayumov Ahror Muminjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMASI TARKIBIDAGI IP XUSUSIYATLARI VA DEFORMATSIYAGA TA'SIRI	22-27
Muradov Farrux Abdukaxarovich, Kucharov Olimjon Ruzimurotovich, Narzullayeva Nigora Ulugbekovna, Eshboyeva Nodira Faxriddinovna, GAZLI ARALASHMALAR VA ZARARLI MODDALARINING ATMOSFERADA TARQALISHI MASALASINI YUQORI TARTIBLI APPROKSIMATSIYANI QO'LLAGAN HOLDA UNI SONLI YECHISH ALGORITMI	28-37
Maniyo'zov Oybek Azatboyevich, NAVIER-STOKES TENGLAMASINI KLASSIK HAMDA KLASSIK BO'LMAGAN YECHIMLARINI VA UNING O'ZIGA XOSLIGI	38-44
Tillavoldiyev Azizbek Otabek o'g'li, Tibbiy tasvirlarda reprezentativ psevdooobyektlarni segmentatsiyalash algoritmi	45-51
Fayziev Shavkat Ismatovich, Karimov Sherzod Sobirjonovich, Muxtarov Alisher Muxtorovich, DDoS hujumlarni aniqlashda neyron tarmoqlarga asoslangan gibrid modellarni ishlab chiqish	52-58
Rasulmuxamedov Maxamadaziz Maxamadaminovich, Shukurova Shohsanam Bahridin qizi, Mirzaeva Zamira Maxamadazizovna, MURAKKAB SHAKLLI, HAJMLI JISMLARNING ELASTOPLASTIK DEFORMATSIYASINING MATEMATIK MODELLARINI QURISH	59-63
Uzakov B.M., Melikuziyev M.R., TARELKALI TURDAGI REKTIKATSIYA KOLONNANING HARORAT KO'RSATKICHLARINI MOSLASHUVCHAN BOSHQARISH	64-72
Порубай Оксана Витальевна, Эволюционные алгоритмы в задачах оптимизации режимов работы региональных энергосистем	73-77
Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMA TASVIRLARINI ANIQLASH VA RAQAMLI ISHLOV BERISH USULLARI	78-81
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна, ПОЛУПРОВОДНИКИ КАК МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРОВ В МЕДИЦИНЕ	82-85
Мовлонов Пахловон Ибрагимович, ДЕГРАДАЦИЯ СЭ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА И ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ	86-90
Севинов Жасур Усманович, Темербекова Барнохон Маратовна, Маманазаров Улугбек Бахтиёр угли, Бекимбетов Баходир Маратович, Синтез методов цифровой регистрации в системах сбора и обработки измерительной информации для обеспечения достоверности в информационно-управляющих системах	91-96
O.S.Rayimdjonova, ISSIQLIK VA OPTOELEKTRON O'ZGARTIRGICHLARNING ASOSIY TAVSIFLARI VA UMUMIY MASALALARI	97-100
Muradov Farrux Abdukaxarovich, Narzullayeva Nigora Ulugbekovna, Kucharov Olimjon Ruzimurotovich, Eshboyeva Nodira Faxriddinovna, ATMOSFERANING CHEGARAVIY QATLAMIDA GAZLI ARALASHMALAR VA ZARARLI MODDALARINING TARQALISHI MASALASINI O'ZGARUVCHILARNI ALMASHTIRISH USULI YORDAMIDA IFODALASH VA UNING SONLI YECHISH ALGORITMI	101-107
Акбаров Давлатали Егиталиевич, Акбаров Умматали Йигиталиевич, Кучкоров Мавзуржон Хурсанбоевич, Умаров Шухратжон Азизжонович, РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИММЕТРИЧНОГО БЛОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЕТИ ФЕЙСТЕЛЯ ПО КРИПТОСТОЙКИМИ БАЗОВЫМИ ТАБЛИЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ	108-113
Xolmatov Abrorjon Alisher o'g'li, Xoshimov Baxodirjon Muminjonovich, MAZUTNI REKTIKATSIYALASH QURILMALARINING VAKUUM YARATISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH	114-125
Goipova Xumora Qobiljon qizi, Dasturiy ta'minotdagi xatolarni avtomatik topish va tuzatish uchun o'qitiladigan algoritmlar	126-129
Xudoykulov Z.T., Xudoynazarov U.U., YETARLI GOMOMORFIK SHIFRLASH ALGORITMLARI YORDAMIDA AXBOROTNI KRIPTOGRAFIK HIMOYALASH	130-135
Калашников Виталий Алексеевич, ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В МЕЖДУРЯДЬЯ ХЛОПЧАТНИКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАРНИРНО-ПОЛОЗОВИДНОГО СОШНИКА	136-143
Ermatova Zarina Qaxramonovna, To'qimachilik sanoatida Linter qurilmalarining ahamiyatini o'rganish va kuzatish	144-146
Tolipov Nodirjon Isaqovich, Madibragimova Iroda Mukhamedovna, ON A NON-CORRECT PROBLEM FOR A BIHARMONIC EQUATION IN A SEMICIRCLE	147-151
Xudoykulov Zarif Turakulovich, Qozoqova To'xtajon Qaxramon qizi, PRESENT YENGIL VAZNLI KRIPTOGRAFIK ALGORITMINING TAHLILI	152-157
D.S.Yaxshibayev, A.H.Usmonov, Yer osti sizot suvlari sathi o'zgarishini matematik modellashtirish va sonli tadbiq qilish	158-162

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Tojimatov Dostonbek Xomidjon o'g'li, KIBERRAZVEDKA AMALIYOTIDA IOC, LOG VA DARK WEB MONITORING MA'LUMOTLARINING INTELLEKTUAL INTEGRATSIYASIGA ASOSLANGAN KIBERTAHDIDLARNI ERTA ANIQLASH MODELI	163-167
Mirzayev Jamshid Boymurodovich, MATNLI MA'LUMOTLARNI YASHIRIN UZATISHDA STEGANOGRAFIK USULLARDAN FOYDALANISH	168-172
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, LSTM MODEL ASOSIDA OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK-QON BOSIMI KASALLIKLARIGA TA'SIRINI BASHORATLASH	173-177
Erejepov Keulimjay Kaymatdinovich, SHAXSNI OVOZI ORQALI IDENTIFIKATSIYALASH ALGORITMLARI	178-183
Muxtarov Ya., Obilov H., OPERATOR USULI YORDAMIDA O'ZGARMAS KOEFFITSIENTLI CHIZIQLI DIFFERENSIAL TENGLAMALAR SISTEMASINI INTEGRALLASH	184-188
Tillaboev Muxiddinjon, PILLANI NAMLIGINI O'LCHISHNING OPTOELEKTRON QURILMASI	189-192
Atajonova Saidakhon Boratalievna, Khasanova Makhinur Yuldashbayevna, INTEGRATION OF HYBRID SYSTEM ANALYSIS METHODS TO IMPROVE DECISION-MAKING EFFICIENCY	193-196
Зулунув Равшанбек Маматович, ТЕХНОЛОГИИ ROBOTIC PROCESS AUTOMATION В МЕДИЦИНЕ	197-200
Aliyev Ibratjon Xatamovich, Bilolov Inomjon Uktamovich, CREATING A MODEL OF THE FALL OF SOLAR ENERGY IN CERTAIN COORDINATES	201-204
Akbarov Xatam Ulmasaliyevich, Ergashev Dilshodbek Mamasidiqovich, RDB TOKARLIK DASTGOHIDA ISHLOV BERISH JARAYONINING MATEMATIK MODELINI YARATISH	205-209
Абдуллаев Темурбек Маруфжонович, Козлов Александр Павлович, Разработка интеллектуальной системы управления освещением на основе IoT - технологий	210-219
O'rinboyev Johongir Kalbay o'g'li, Nugmanova Mavluda Avaz qizi, KLASSTERLASH USULLARI YORDAMIDA NUTQNI AVTOMATIK SEGMENTATSIYALASH	220-225
Dalibekov Lochinbek Rustambekovich, 5G TARMOQLARIDA MASSIVE MIMO TEKNOLOGIYASINI JORIY ETISHNING TAHLILI	226-232
Bozarov Baxromjon Ilxomovich, Fure almashtirishlarini taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formulalar	233-235
Xusanova Moxira Qurbonaliyevna, TARMOQ QURILMALARIDA DEMILITARIZATSIYALANGAN ZONA (DMZ) NI SOZLASH ORQALI XAVFSIZLIKNI TA'MINLASH	236-239
Ravshan Indiaminov, Sulton Khakberdiyev, INTERACTION BETWEEN MAGNETIC FIELDS AND THIN SHELLS	240-244
Muradov Muhammad Murod o'g'li, Mobil aloqa tayanch stansiyalarini qayta tiklanuvchan energiya ta'minot manbalaridan foydalangan holda energiya bilan ta'minlash xususiyatlari	245-250
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK QON BOSIMI KASALLIKLARIGA TA'SIRINI MLP MODELIDA OPTIMALLASHTIRISH	251-255
Okhunov Dilshod Mamatjonovich, Okhunov Mamatjon Xamidovich, Azizov IskandarAbdusalim ugli, Ismoilzhonov Abdullokh Farrukhbeg ugli, THE USE OF BIG DATA IN THE DIGITAL ECONOMY	256-260
Abduraimov Dostonbek Egamnazar o'g'li, ELASTIKLIK NAZARIYASI MASALASIGA LIBMAN TIPIDAGI ITERATSION USULNI QO'LLASHNING MATEMATIK MODEL	261-266
Мамадалиев Фозилжон Абдуллаевич, Новый подход составления математической модели для определения параметров торможения автомобиля в экстремальных условиях эксплуатации	267-269
Nasriddinov Otadavlat Usubjonovich, FIZIK MASALALARNI MATEMATIK PAKETLAR YORDAMIDA MODELLASHTIRISH	270-272
Jo'rayev Mansurbek Mirkomilovich, Ro'zaliyev Abdumalikjon Vahobjon o'g'li, AVTOMATLASHTIRILGAN MONITORING TIZIMI SIMSIZ SENSOR TARMOG'IDA MA'LUMOTLARNI UZATISH	273-278
Shamsiyeva Xabiba Gafurovna, VIDEO MA'LUMOTLARGA ISHLOV BERISH VA KOMPYUTERLI KO'RISH ALGORITMLARINING APPARAT DASTURIY MAJMUI	279-284
Atajonov Muhiddin Odiljonovich, AVTONOM FOTOELEKTRIK MODULNI MODELLASHTIRISH	285-288
J.M. Kurbanov, S.S.Sabirov, J.J.Kurbonov, NANOKATALIZATOR O'LISH TEKNOLOGIYASIDA "NAVBAHOR" BENTONITINI QURITISH VA KUYDIRISH JARAYONLARINING TERMOGRAVIMETRIK TAHLILI	289-293
Umarov Shukhratjon, Rakhmonov Ozodbek, ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SECURITY AVAILABLE IN 4G AND 5G MOBILE COMMUNICATION NETWORKS	294-297
Soliyev Bahromjon Nabijonovich, Elektron tijorat savdolarini dasturiy yondashuvi tahlilida metodlar, matematik model va amaliy ko'rsatkichlar	298-302
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, SINFLAR ORASIDAGI MASOFA, QAROR QABUL QILISH QOIDASI VA AJRATISH FUNKSIYASI	303-305

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Polvonov Baxtiyor Zaylobidinovich, Khudoyberdieva Muxayyoxon Zoirjon qizi, Abdubannabov Mo'ydinjon Iqboljon o'g'li, Ergasheva Gulruxsor Qobiljon qizi, Tohirjonova Zahro Shovkatjon qizi, Mamasodiqov Shohjahon, CHARACTERIZATION OF PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM OF CHALCOGENIDE CADMIUM-BASED SEMICONDUCTOR POLYCRYSTALLINE FILMS	306-315
Sharibayev Nosirjon Yusupjanovich, Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMALARINI REAL VAQT REJIMIDA ANIQLANGAN NUQSONLARNI TAHLIL QILISH	316-320
Эргашев Отабек Мирзапулатович, Асомиддинов Бекзод, СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	321-326
Djurayev Sherzod Sobirjonovich, Ermatova Zarina Qaxramonovna, YANGI KONSTRUKSIYADAGI MULTISIKLON QURILMASINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH	327-331
J.M. Kurbanov, S.S.Sabirov, J.J.Kurbonov, "NAVBAHOR" BENTONITINING MODIFIKATSIYALANGAN NAMUNASINI O'YUCH EMMda QIZDIRISH HARORATIGA QARAB TEKSTURA XUSUSIYATLARINING O'ZGARISHI	332-337
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, SINOV YORDAMIDA TRIKOTAJ MAXSULOTLARINI SHAKL SAQLASH VA DEFORMATSIYALANISH JARAYONLARINI MONITORINGI	338-343
Muminov Kamolkhon Ziyodjon o'g'li, Artificial Intelligence in Cybersecurity, Revolutionizing Threat Detection and Response Systems	344-347
Тажибаев Илхом Бахтиёрович, ОБРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В РАДИОЧАСТОТНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	348-351
Karimov Sardor Ilhom ugli, Sotvoldiyeva Dildora Botirjon qizi, Karimova Barnokhon Ibrahimjon qizi, COMPARISON OF MULTISERVICE REMOTE SENSING DATA FOR VEGETATION INDEX ANALYSIS	352-354
Abdurasulova Dilnoza Botirali kizi, PNEUMATIC AND HYDRAULIC TECHNICAL TOOLS OF AUTOMATION	355-359
Абдукадиров Бахтиёр Абдувахитович, СПОСОБЫ НАСТРОЙКИ ВЕСОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ПРИ ОБУЧЕНИИ ДАННЫХ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ	360-365
Turakulov Otabek Xolmirezayevich, Mamaraufov Odil Abdixamitovich, IJTIMOIIY TARMOQLARDA ELEKTRON MATNLI MA'LUMOTLARNI TASNIFLASHNING NEYRON-NORAVSHAN ALGORITMI	366-370
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon og'li, Muxtoriddinov Muhammadyusuf Temirxon o'g'li, REGIONS APPLICATIONS SYSTEMS RECOGNITION	371-373
Raximov Baxtiyor Nematovich, Yo'ldosheva Dilfuza Shokir qizi, Majmuaviy markazlashtirilgan tizimlarning arxitekturasini va funksiyalari	374-378
Нурилло Мамадалиев Азизиллоевич, Моделирование конфликтных ситуаций телевизионных изображений в процессе обработки видеoinформации	379-381
A.A. Отахонов, ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА ФИШИНГОВЫХ URL-АДРЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	382-390
Akbarov Xatam Ulmasaliyevich, Ergashev Dilshodbek Mamasidiqov, X12M MARKALI PO'LAT UCHUN TERMOSIKLLI ISHLOV BERISHNI AMALGA OSHIRISH PARAMETRLARI	391-396
Abdukodirov Abduvaxit Gapirovich, Abdukadirov Baxtiyor Abduvaxitovich, YUZ TASVIRLARINI GEOMETRIK NORMALLASHTIRISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH	397-401
D.B.Abdurasulova, T.U.Abdurahfizov, RAQAMLI IQTISODIYOTNING O'SISHI VA UNING TADBIRKORLIK FAOLIYATIGA TA'SIRI	402-405
Ibragimov Navro'zbek Kimsanbayevich, Hududiy oliy ta'lim muassasalarida raqobat ustunligini ta'minlashning diagnostik tahlil qilish uchun dasturiy ta'minot	406-413
Melikuziyev Azimjon Latifjon ugli, USING COMPUTER-SIMULATOR PROGRAMS IN TEACHING PARALINGUISTIC UNITS	414-417
Soliyev B.N., Ismoilova M.R., ELEKTRON TIJORATDA QAYTARILISHLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA ULARNING NATIJALARI	418-421
Ergashev Otabek Mirzapulatovich, FUZZY RULE BASE DESIGN FOR NUMERICAL DATA ANALYSIS	422-428
Abdukadirova Gulbahor Xomidjon qizi, Abduqodirova Mohizoda Ilxomidin qizi, YUZ TASVIRLARIGA DASTLABKI ISHLOV BERISHDA NEYRON TARMOQ ALGORITMLARINI QO'LLASH SAMARADORLIGI	429-436
Садикова Мунира Алишеровна, ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ	437-444
Pulatov Sherzod Utkurovich, Djumaniyazov Otabek Baxtiyarovich, THE ROLE OF IoT TECHNOLOGIES IN MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE KHOREZM REGION	445-448
Mukhammadyunus Norinov, RESEARCH ON INCREASING THE BRIGHTNESS OF TELEVISION IMAGES	449-455
Arabboyev Alisher Avazbek o'g'li, DIFFIE-HELLMAN ALGORITMI VA XAVFSIZ KALIT ALMASHISH PROTOKOLLARI	456-458
Raximov Baxtiyor Nematovich, G'oipova Xumora Qobiljon qizi, Ovoz tovushlari intellektual taxlili asosida videokuzatuz tizimini boshqarish	459-462

KLASTERLASH USULLARI YORDAMIDA NUTQNI AVTOMATIK SEGMENTATSIYALASH

O'rinboyev Johongir Kalbay o'g'li,

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekti
rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti
tayanch doktoranti
jahongir8010@gmail.com

Nugmanova Mavluda Avaz qizi,

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekti
rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti
tayanch doktoranti
miss.abduazimova@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ishda nutq signalini avtomatik segmentatsiya qilishda zamonaviy klasterizatsiya algoritmlarining samaradorligi tahlil qilingan. K-means, noaniq c-means va DBSCAN algoritmlari asosida olingan segmentatsiya usullari qo'llanilib, ushbu usullar yordamida so'zlarning vaqt chegaralari aniqlangan. Olingan natijalar avtomatik nutqni qayta ishlashda ushbu algoritmlarning samaradorligini tasdiqlaydi. Shuningdek, ishda so'zlarning aniq chegaralarini aniqlash yondashuvi tasvirlangan. Olingan natijalar nutq signalini segmentatsiyalashning boshqa usullari bilan taqqoslandi.

Kalit so'zlar: Nutqni avtomatik tanib olish, nutq signalini segmentatsiyalash, klasterlash, k-means usuli, noaniq c-means usuli, DBSCAN usuli

Kirish. Avtomatik nutq segmentatsiya ko'p yillar [4] davomida o'rganib kelinmoqda va ko'plab nutqni tanib olish tizimlarining muhim, hattoki asosiy qismi hisoblanadi. Nutq segmentatsiyasi vazifasi nutq signalini qismlarga ajratish hisoblanadi. Avtomatik segmentatsiya nutqni avtomatlashtirilgan qayta ishlash algoritmlari uchun muhimdir, masalan: nutqni tanish, lingvistik korpuslar yaratish, ovozli verifikatsiya, shuningdek, tabiiy tilni qayta ishlash sohasidagi ilmiy izlanishlarda [2,3]. An'anaviy qo'lda segmentatsiyalash usuli borgan sari hajmi ortib borayotgan ovozli ma'lumotlarni qayta ishlash uchun maqbul usul emas. Qo'lda segmentatsiya qilishda katta vaqt sarfi va inson e'tiboriga yuqori talab qo'yilishi turli avtomatik segmentatsiya usullarining keng tarqalishiga olib keldi. Shular qatorida quyidagilarni sanab o'tish mumkin: veyvlet usuli yordamida segmentatsiya [1], norovshan mantiqqa asoslangan usullar [7], sun'iy neyron tarmoqlari [10] hamda yashirin Markov zanjirlaridan foydalanish [5]. Ushbu ishda k-means, noaniq c-means usullari va DBSCAN algoritmining modifikatsiyalangan versiyalari

yordamida olingan segmentatsiya usullari ko'rib chiqiladi.

Adabiyotlar tahlili va metodlar.

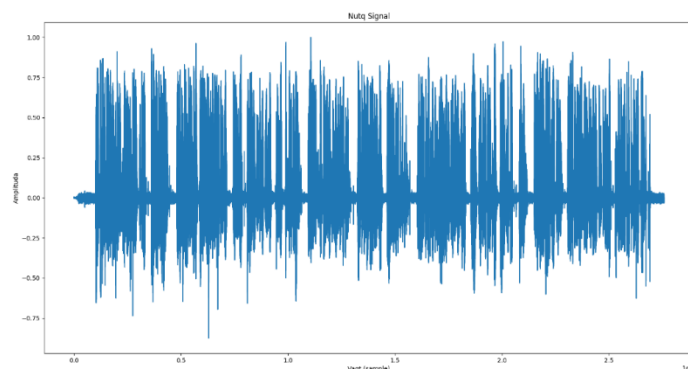
Nutq segmentatsiyasi. Nutqni tanib olish tizimlari ovozli signalni diskret, bir-birini qamrab olmagan tovush birliklariga bo'lishni talab qiladi [8, 9]. Bu birliklar tovushlar, bo'g'inlar, so'zlar, gaplar yoki hatto butun dialoglar bo'lishi mumkin. So'zlar – aniq tovush ifodasiga ega bo'lganligi tufayli, nutqning eng afzal ko'riladigan va tabiiy birligi hisoblanadi. Shu sababli, biz ushbu ish doirasida so'zlarni segmentatsiyaning asosiy birligi deb hisoblaymiz. Avtomatik segmentatsiya usullarini turli mezonlarga ko'ra tasniflash mumkin, ammo eng oddiy variantlardan biri segmentatsiya algoritmlarini maqsadsiz va maqsadli usullarga ajratishdir [6]. Ushbu ikki toifa usullari orasidagi asosiy farq shundan iboratki, har bir usul nutqni qayta ishlashda oldindan olingan ma'lumotlar yoki tashqi manbalardan kelib chiqqan ma'lumotlardan qanchalik samarali foydalanishidir. Maqsadsiz segmentatsiya usullari o'ziga xos tomoni shundaki, ular ishlov berilayotgan



audio signalning tovush xususiyatlari haqidagi tashqi ma'lumotlardan foydalanmaydi. Shunday qilib, birinchi segmentatsiya bosqichida tashqi ma'lumotlar yo'qligida, ushbu usullar ishlov berilayotgan ma'lumotlarning tovush xususiyatlariga tayanadi. Ikkinchi bosqich esa odatda MFCC, LP-koeffitsientlari yoki toza FFT spektridan foydalanishga asoslanadi [14]. Ularga qarama-qarshi bo'lgan maqsadli usullar esa kerakli bo'laklarga segmentatsiya qilish uchun ishlov berilayotgan signalning tashqi tovush ma'lumotlaridan foydalanadi.

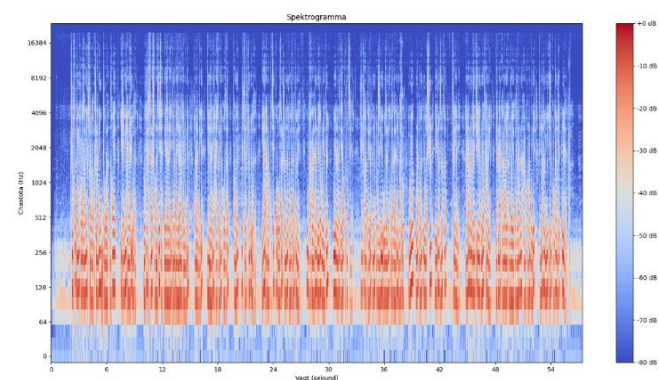
Klasterizatsiya. Klasterizatsiya – bu obyektlar to'plamini klasterlar deb ataladigan bir nechta guruhlariga bo'lish jarayoni bo'lib, ular shunday ajratiladiki, bir guruhdagi obyektlar bir-biriga boshqa klasterdagi obyektlarga qaraganda ko'proq o'xshash bo'ladi. Klasterizatsiya timsollarni tanib olish [15], intellektual ma'lumotlar tahlili [16], mashinali o'rgatish [11] va hokazo sohalarida juda keng qo'llaniladi. Klasterizatsiya algoritmlarini aniq, noaniq, potensial va ehtimoliy usullariga tasniflash mumkin [12]. Har bir guruh o'ziga xos xususiyatlarga ega. Ushbu ishda nutq segmentlarining optimal chegaralarini olish uchun aniq va noaniq klasterizatsiya algoritmlaridan foydalaniladi. Aniq klasterizatsiya usullari har bir ma'lumot obyektni qat'iy ravishda faqat bitta klasterga tegishli qilib belgilaydi. Bunday usullardan biri – k-means usuli. Noaniq klasterizatsiya usullari esa obyektidan bir vaqtning o'zida bir nechta klasterlarga tegishli bo'lishiga imkon beradi, bunda tegishlilik darajasi 0 dan 1 gacha o'zgaradi. Eng mashhur usullardan biri – noaniq c-means usuli hisoblanadi.

Nutq signalini segmentatsiyaga tayyorlash. Klasterizatsiya usullari asl nutq signalini emas, balki uning spektrogrammasini tahlil qilish uchun qo'llaniladi. Ushbu ish doirasida nutq signalini eng keng tarqalgan spektrogramma ko'rinishida tahlil qilinadi. Bu ikki o'lchovli diagramma bo'lib, vertikal o'q chastotalar o'qi, gorizontal o'q esa vaqt o'qi hisoblanadi. Spektrogrammadagi har bir nuqtaning intensivligi ma'lum bir nuqtada ma'lum bir chastotada nutq signalining amplitudasini tavsiflaydi. Original nutq signali 1-rasmda keltirilgan.



1.rasm. Original nutq signali

2-rasmda nutq signalining spektrogrammasi keltirilgan. Segmentlarning vaqt chegaralarini aniqlash uchun spektrogrammani oq-qora tasvirga aylantirish lozim, ya'ni shunday chegarani belgilash kerakki, undan past bo'lgan nuqta qora, undan yuqorisi esa oq deb qabul qilinadi. Buning uchun klasterizatsiya usulidan foydalanish mumkin.



2. rasm. Nutq signalining spektrogrammasi

K-means usuli orqali klasterizatsiyalash. K-means usuli klaster tahlilining klassik usullaridan biri hisoblanadi. Usul m kuzatuvlarni k klasterga taqsimlash uchun ishlatiladi, shunda har bir kuzatuv faqat bitta klasterga tegishli bo'ladi va u eng yaqin klaster markaziga yaqinlashtiriladi. Ushbu holatda kuzatuvlar spektrogrammadagi nuqtalar deb qabul qilinadi, klasterlar soni esa 3 ga teng [13]. Kuzatuv va klaster markazi orasidagi masofani aniqlash uchun Yevklid masofasi qo'llaniladi:

$$\rho(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{p=1}^n (x_p - y_p)^2}, x, y \in R^n. (1)$$



Klasterlar nuqtalarining markazlaridan kvadratik og'ishlar yig'indisi minimal bo'lishi kerak:

$$\min \left[\sum_{i=1}^k \sum_{x^{(j)} \in S_i} \|x^{(j)} - \mu_i\|^2 \right], x^{(j)} \in R^n, \mu_i \in R^n, (2)$$

bu yerda μ_i - S_i klasterining markazi.

Barcha zarur qo'shimcha tushunchalarni kiritgan holda, biz modifikatsiyalangan chegarani hisoblash algoritmini shakllantirishga o'tishimiz mumkin:

1. Klasterlar sonini tanlash.

2. Klaster ma'lumotlar markazlari klasterlar orasidagi dastlabki masofalarni maksimal darajada oshiradigan qoidaga muvofiq tanlanadi.

3. Har bir kuzatuvdan barcha klaster markazlarigacha bo'lgan masofalarni hisoblash.

4. Kuzatuvlarni hisoblangan masofalarga muvofiq klasterlarga taqsimlash (endi kuzatuv eng yaqin klasterga tegishli bo'ladi).

5. S_i elementlarini o'z ichiga olgan i -chi klaster markazini qayta hisoblaymiz:

$$\mu_i = \frac{1}{S_i} \sum_{x^{(j)} \in S_i} x^{(j)}. (3)$$

6. 3-banddan boshlab, 4-bandda olingan klasterlar markazlari yangi hisoblash natijasida o'zgarmaguncha davom ettiramiz.:

$$\mu_i^{step t} = \mu_i^{step t+1} (4)$$

7. Bizga kerak bo'lgan chegaraviy qiymatni hisoblaymiz odatda bu klaster markazlarining cheklangan qiymatlarining o'rtacha qiymati bo'ladi.

Noaniq c-means usuli bilan klasterlash. K-means usuli har bir obyekt faqat bitta klasterga tegishli ekanligini taxmin qilsa, noaniq c-means usuli esa obyektning bir nechta klasterga tegishli bo'lishiga imkon beradi. Har bir obyektning tegishlilik darajalari yig'indisi 1 ga teng. Obyekt markazga qanchalik yaqin bo'lsa, bu daraja shuncha yuqori bo'ladi. Ixtiyoriy i kuzatuv va j markaz orasidagi masofani baholash uchun (1) ifodada keltirilganidek Evklid masofasi d_{ij} ishlatiladi. Ixtiyoriy i kuzatuvning k klasterga tegishlilik darajasi quyidagicha hisoblanadi:

$$\mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ij}}{d_{ik}} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, (5)$$

bu yerda m - eksponensial og'irlik. U tegishlilik darajalari matritsasiga quyidagicha ta'sir qiladi: $m \rightarrow \infty$ bo'lganda barcha kuzatuvlar har bir klasterga bir xil ehtimollik bilan tegishli bo'ladi. Odatda 2 o'rnatiladi.

Zarur qo'shimcha tushunchalarni kiritgan holda, biz modifikatsiyalangan chegarani hisoblash algoritmini shakllantirishga o'tishimiz mumkin:

1. Klasterlar sonini tanlash.

2. Klaster ma'lumotlar markazlari klasterlar orasidagi dastlabki masofalarni maksimal darajada oshiradigan qoidaga muvofiq tanlanadi.

3. Har bir kuzatuvdan barcha klaster markazlarigacha bo'lgan masofalarni hisoblash.

4. Tegishlilik darajalari matritsasini hisoblash
 $U = (\mu_{ij})_{n \times c}$

5. S_i elementlarini o'z ichiga olgan j -chi klaster markazini qayta hisoblaymiz:

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{ij}^m}. (6)$$

6. Shartlardan biri bajarilmaguncha 3-banddan takrorlaymiz:

$$\|U^{k+1} - U^k\| < e, (8)$$

bu yerda e — oldindan tanlanadigan ba'zi chegara qiymati. Ikkinchi shart: yo'qotish funksiyasi oldingi qadamda hisoblangan qiymatdan farq qilmasligi kerak.

$$J = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^n \mu_{ij}^m d_{ij}. (8)$$

DBSCAN usuli (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) klasterlash algoritmi bo'lib, ma'lumotlar fazosida zich sohalarni topadi va chegaradoshlarni aniqlaydi. U raqamli va toifali ma'lumotlarni klasterlash uchun ishlatilishi mumkin [17].

DBSCAN usulining ishlash tamoyili yuqori zichlikdagi nuqtalar to'plangan sohalarni, ya'ni klasterlarni topishga asoslangan. Buning algoritmi ikkita parametrdan foydalanadi: ϵ radiusi va klaster



hosil qilish uchun zarur bo'lgan minimal nuqtalar soni (minPts). Algoritm ma'lumotlardagi ko'rib chiqilmagan ixtiyoriy nuqtani tanlashdan boshlanadi. So'ngra, bu nuqtadan ε radiusda joylashgan barcha nuqtalarni aniqlaydi. Agar ushbu sohadagi nuqtalar soni minPts ga teng yoki undan ko'p bo'lsa, bu soha klaster deb hisoblanadi. Agar nuqtalar soni minPts dan kam bo'lsa, bu nuqta tashqi qiymat sifatida qaraladi. Agar nuqtalar soni minPts dan ko'p bo'lsa-yu, ammo ular tanlangan nuqtadan ε radiusli sohada joylashmagan bo'lsa, algoritm keyingi ko'rib chiqilmagan nuqtaga o'tadi va jarayonni takrorlaydi.

Birinch klaster aniqlanganidan so'ng, algoritm ushbu klasterdan ε radiusda joylashgan ma'lumotlardagi barcha nuqtalarni topadi va bu nuqtalar uchun klasterlarni qidirish jarayonini takrorlaydi. DBSCAN usulining asosiy afzalliklaridan biri shundaki, u oldindan belgilangan klasterlar sonini talab qilmaydi va ularning sonini ma'lumotlar asosida aniqlash imkoniyatiga ega. Bundan tashqari, DBSCAN usuli shovqin va tashqi ma'lumotlarni qayta ishlashi mumkin, chunki u ularni haqiqiy klasterlardan ajrata oladi.

Barcha zarur qo'shimcha tushunchalarni kiritgan holda, biz modifikatsiyalangan chegarani hisoblash algoritmini shakllantirishga o'tishimiz mumkin:

1. Spektrogramma ma'lumotlarini tayyorlash. Spektrogrammadan ma'lumotni ajratishda chastota va amplitudaga asoslangan Chastota centroidi (1) va quvvat spektrining tarqalishi (spread) (2) o'lchovlar ishlatiladi:

$$C_f = \frac{\sum_i f_i \cdot S(f_i)}{\sum_i S(f_i)} \quad (9)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{\sum_i (f_i - C_f)^2 \cdot S(f_i)}{\sum_i S(f_i)}} \quad (10)$$

2. Energiyani hisoblash. Spektrogrammaning amplituda yoki energiya ma'lumotlari $S(m, k)$ vaqt-chastota sohasidagi belgilarni ko'rsatadi. Ushbu belgilarlar quyidagi bosqichlarda ishlatiladi:

a) Belgilarni tanlash: Har bir vaqt bo'yicha energiya profili $E(m)$ olinadi:

$$E(m) = \sum_{k=0}^{K-1} S(m, k)^2 \quad (11)$$

bu yerda K - chastota komponentlari soni, m - vaqt indeksi.

b) Normallashtirish: Zichlikni aniqlash uchun qiymatlar $[0, 1]$ oraliqqa normallashtiriladi:

$$\tilde{E}(m) = \frac{E(m) - \min(E)}{\max(E) - \min(E)} \quad (12)$$

3. DBSCAN algoritmini qo'llash. DBSCAN algoritmi har bir vaqt indeksi m uchun uning zichlikka bog'liq qo'shnilari aniqlanadi:

$$N_\varepsilon(m) = \{m' | d(m, m') \leq \varepsilon\} \quad (13)$$

bu yerda $d(m, m')$ - masofa o'lchovi (Yevklid masofasi), ε - radius. $N_\varepsilon(m) \geq \text{MinPts}$ asosiy nuqta sharti hisoblanadi.

Qo'shnilar soni $|N_\varepsilon(m)|$ minimal chegaradan (MinPts) yuqori bo'lsa, nuqta klasterga kiritiladi. Aks holda, u shovqin sifatida belgilanishi mumkin.

5. Klasterlash va vaqt chegaralarini aniqlash. Klasterlash natijasida hosil bo'lgan klasterlar so'zlarning vaqt chegaralarini aniqlash uchun ishlatiladi. Har bir klaster uchun boshlang'ich t_{start} va oxirgi t_{end} vaqt aniqlanadi. Segmentatsiyalangan so'zlar vaqt intervali $[t_{start}, t_{end}]$ sifatida belgilanadi.

6. Segmentatsiya natijasi. DBSCAN klasterlari vaqt bo'yicha davomiylikni kuzatish orqali so'zlarni ajratish mumkin. Klasterlar vaqt o'qi bo'yicha quyidagicha hosil qilinadi:

$$W_k = \{t_i | \text{label}(t_i) = k\} \quad (14)$$

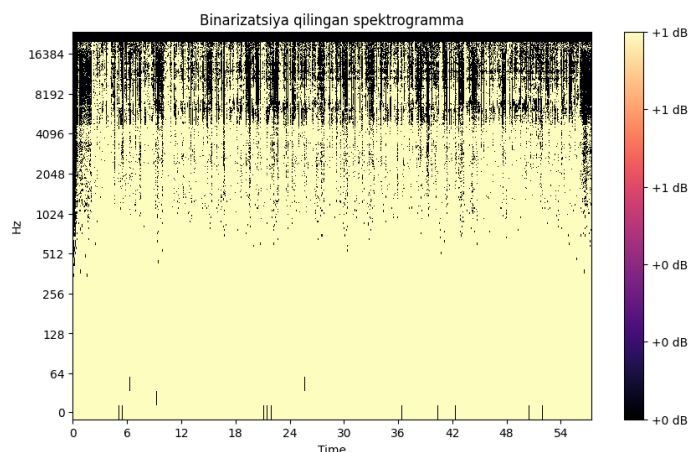
bu yerda W_k - k klasterdagi vaqt segmentlari.

Natijalar.

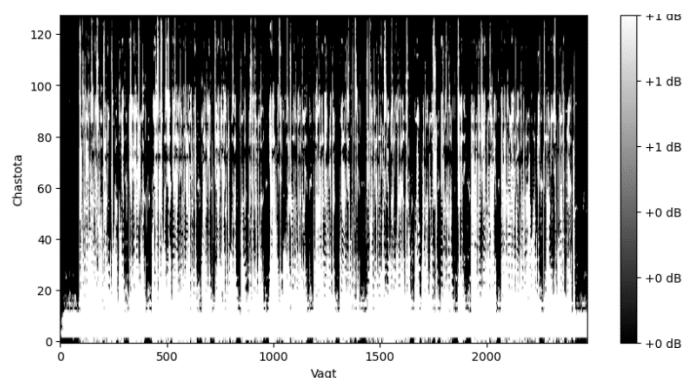
Segmentlar chegaralarini hisoblash.

Yuqorida ishlab chiqilgan nutq signali spektrogrammasini binarizatsiya qilish algoritmlaridan foydalanib, keyingi tahlil uchun yaroqli tasvirlarni olish mumkin.

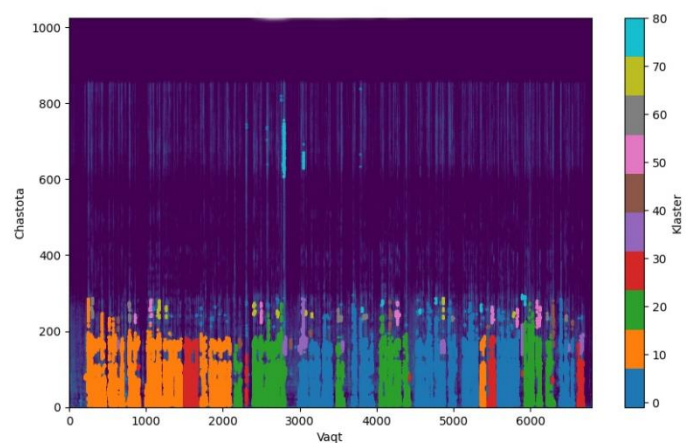




3. rasm. K-means usulida tanlangan chegaraning binarizatsiyadan keyingi spektrogramma ko'rinishi



4. rasm. Noaniq c-means usulida tanlangan chegaraning binarizatsiyadan keyingi spektrogramma ko'rinishi



5. rasm. DBSCAN usulida tanlangan chegaraning binarizatsiyadan keyingi spektrogramma ko'rinishi

3-rasmda k-means usuli yordamida ishlov berilgan spektrogramma, 4-rasmda noaniq c-means usuli yordamida, 5-rasmda esa DBSCAN usuli yordamida ishlov berilgan spektrogramma ko'rsatilgan.

Har bir usul uchun bir qator tajribalar o'tkazildi, unda 8 xil kishidan 70 ta gap olinib, umumiy matnda 800 ta so'z bo'lgan. Natijalar 1- jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Usullarni eksperimental qo'llash natijalari

Diktorning raqami	Gaplar soni	Umumiy so'zlar soni	To'g'ri aniqlangan so'zlar soni va aniqlik foizi					
			K-means		Noaniq c-means		DBSCAN	
			#	%	#	%	#	%
№1	70	800	725	90,6	721	90,1	733	91,6
№2	70	800	725	90,6	663	82,9	796	99,5
№3	70	800	726	90,8	726	90,8	810	101,3
№4	70	800	722	90,3	725	90,6	659	82,4
№5	70	800	725	90,6	700	87,5	759	94,9
№6	70	800	730	91,3	728	91,0	658	82,3
№7	70	800	729	91,1	720	90,0	729	91,1
№8	70	800	727	90,9	729	91,1	759	94,9
Jami	560	6400	5809	90,8	5712	90,8	5903	92,2

K-means usuli uchun o'rtacha aniqlik 90,8%, noaniq c-means usuli uchun 90,8%, DBSCAN usuli uchun esa 92,2% ni tashkil qiladi. Nutq signalini segmentatsiya qilish usullari va ularning samaradorligini aniqlashda olingan natijalarni taqqoslash uchun ochiq manbalarda mavjud bo'lgan so'zlarga murojaat qilish mumkin. Yashirin Markov modellariga asoslangan yondashuv 90% to'g'ri ajratilgan so'zlar samaradorligini ko'rsatadi [18].

Xulosa. Tadqiqot natijalari avtomatik nutq segmentatsiyasi uchun qo'llanilgan K-means, noaniq c-means va DBSCAN algoritmlarining har biri o'ziga xos samaradorlik va aniqlik darajasini ko'rsatganini tasdiqlaydi. DBSCAN algoritmi yuqori aniqlik (92,2%) va shovqinlarga chidamliligi bilan ajralib turdi. Bu esa, ushbu usulni, ayniqsa, murakkab va shovqinli muhitlarda qo'llash uchun maqsadga muvofiq ekanligini ko'rsatadi. Ushbu algoritmlarning qo'llanilishi avtomatlashtirilgan nutqni qayta ishlash tizimlari, lingvistik korpus yaratish va boshqa sohalarida samaradorligini oshiradi. Natijalar yashirin Markov modellariga asoslangan usullar bilan taqqoslanganda raqobatbardosh ekanini isbotlaydi.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hioka Y., Hamada N. Voice activity detection with array signal processing in the wavelet domain // 11th European Signal Processing Conference. - 2002. - P. 1-4.
2. Cherif A., Bouafif L., Dabbabi T. Pitch Detection and Formant Analysis of Arabic Speech Processing // Applied Acoustics. - 2001. - Vol. 62. - P. 1129-1140. DOI: 10.1016/S0003-682X(01)00007-X
3. Sharma M., Mammone R. Subword-based text-dependent speaker verification system with user-selectable passwords // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. - 1996. - Vol. 1. - P. 93-96. DOI: 10.1109/ICASSP.1996.540298
4. Rasanen O. Speech Segmentation and Clustering Methods for a New Speech Recognition Architecture. Helsinki University of Technology. - 2007. - P. 94.
5. Basu S. A linked-HMM model for robust voicing and speech detection // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'03). - 2003. - Vol. 1. - P. 816-819.
6. Rahman M., Bhuiyan A. Continuous Bangla Speech Segmentation using Short-term Speech Features Extraction Approaches // International Journal of Advanced Computer Science and Application (IJACSA). - 2012. - Vol. 3. - P. 131-138.
7. Beritelli F., Casale S. Robust voiced/unvoiced speech classification using fuzzy rules // IEEE Workshop on Speech Coding for Telecommunications. - 1997. - P. 5-6. DOI: 10.1109/SCFT.1997.623868
8. Thangarajan R., Natarajan M., Selvam M. Syllable modeling in continuous speech recognition for Tamil language // International Journal of Speech Technology. - 2009. - Vol. 12. - P. 47-57. DOI: 10.1007/s10772-009-9058-0
9. Kvale K. Segmentation and Labeling of Speech // Norwegian Institute of Technology. - 1993. - P. 271.
10. Qi Y., Hunt B. R. Voiced-unvoiced-silence classifications of speech using hybrid features and a network classifier // IEEE Transactions on Speech and Audio Processing. - 1993. - Vol. 1. - P. 250-255. DOI: 10.1109/89.222883
11. Alpaydin E. Introduction to Machine Learning // MIT Press, Cambridge. - 2016. - P. 206. DOI: 10.1017/S0269888906220745
12. Hathway R.J., Bezdek J. Optimization of Clustering Criteria by Reformulation // IEEE Transaction on Fuzzy Systems. - 1995. - Vol. 3. - P. 241-245. DOI: 10.1109/91.388178
13. Philipose S.S. A Triclass Image Segmentation using Adaptive K-means Clustering and Otsu's Method // International Journal of Engineering Research and General Science. - 2015. - Vol. 3. - P. 134-138.
14. SaiJayram A.K.V., Ramasubramanian V., Sreenivas T.V. Robust parameters for automatic segmentation of speech // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. - 2002. - Vol. 1. - P. 513-516. DOI: 10.1109/ICASSP.2002.5743767
15. Webb A. Statistical Pattern Recognition // John Wiley & Sons, New Jersey. - 2002. - P. 496. DOI: 10.1002/0470854774
16. Tan P.N., Steinbach M., Kumar V. Introduction to Data Mining // Addison-Wesley, Boston. - 2005. - P. 769.
17. Kriegel H.-P., Schubert E., Zimek A. The (black) art of runtime evaluation: Are we comparing algorithms or implementations? Knowledge and Information Systems. 2016. Vol. 52.No. 2. P. 341.
18. Shanthi T., Chelva L. Isolated word speech recognition system using HTK // International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research. - 2014. - Vol. 4. - P. 81-86.

