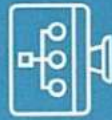


TATU XABARLARI

ВЕСТНИК ТУИТ - TUIT BULLETIN

ISSN 2010-9857



3(51)/2019

O'zbekiston Respublikasi Axborot texnologiyalari
va kommunikatsiyalarini rivojlantirish vazirligi
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Министерство по развитию информационных
технологий и коммуникаций Республики
Узбекистан Ташкентский университет
информационных технологий

Ministry for development of information technologies
and communications of the Republic of Uzbekistan
Tashkent University of Information Technologies

Toshkent

УДК 004.272.34

НУТҚ ТОВУШЛАРИНИ ТАНИШ АЛГОРИТМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

Хужаяров И.Ш, Очилов М.М

Ушбу мақолада ўзбек тили нутқ товушларини таниш усулларидан бири келтирилган. Биринчи босқичда нутқ сигналларини частота соҳасида қайта ишлаш асосида спектрограмма тасвирлари ҳосил қилинган. Иккинчи босқичда ҳосил қилинган спектрограмма тасвирларини дастлабки қайта ишлаш асосида параметрлаш ва улар асосида нутқ товушларини бир-бири билан солиштиришнинг корреляцион таҳлил амалга оширилган.

Таянч иборалар: нутқни таниш, фрейм, дискрет косинус алмаштириш, спектрограмма, тасвир, корреляцион солиштириш.

В данной статье описан один из способов распознавания слов узбекского языка. На первом этапе была создана спектрограмма речевого сигнала на основе обработки в частотной области. На втором этапе была выполнена параметризация на спектрограмме и проведен корреляционный анализ с использованием сравнения речевых звуков.

Ключевые слова: распознавание речи, фрейм, дискретное косинусное преобразование, спектрограмма, изображение, корреляционное сравнение.

This article outlines the algorithm for speech recognition. The article outlines the stages of the speech spectrogram image. The speech spectrum image is the richest parameter that characterizes speech. High accuracy can be achieved by recognizing the speech in other ways by processing the resulting spectrogram image.

Today, many speech recognition algorithms use the speech spectrogram. An important aspect of familiarity with the speech spectrogram is the transition from one-dimensional signal to two-dimensional. The main parameters characterizing the speech during the transition are separated using spectral transformation methods. As the basic parameters, the main tone frequency serves as a form.

There are many effective ways to get to knowing speech, and most commonly, this speech is familiar to them through the processing of the spectrogram image. We have already mentioned the familiar ways of using point-to-speech sound, speeches of the speech spectrogram, and the steps to reproduce the image.

The article discusses the topics of modern speech recognition algorithms, initial processing methods for speech signals, algorithm of speech spectrogram image generation, stages of spectrum image processing (filtration, site allocation,

correlation comparison). Any speech (word or phrase) consists of small phonemes (letters or combination of letters). Given this fact, this article considers the most commonly used phonemes in the Uzbek language, namely, the development of six vowel letters.

Keywords: speech recognition, frame, discrete cosine transform, spectrogram, image, correlation comparison.

I. КИРИШ

Ҳозирги кунда нутқ сигналларини автоматик таниб олиш масалалари жуда муҳим муаммолардан биридир. Нутқ сигналларини таниш масалалари замонавий ахборот технологиялари, телекоммуникация ва рақамли алоқа тизимлари, IP-телефония ва видеоконференция, ақилли уй лойиҳалари, бир суткада минглаб чақирувларга автоматик режимда жавоб берувчи автоответчиклар (мисол учун call центрлар, авиабилетларни сотиш тизимлари), саноат ва ишлаб чиқариш ҳамда имконияти чекланган инсонлар учун овозли бўйруқ бериш орқали техникани бошқариш соҳаларидаги масалаларни ечишда қўлланилмоқда.

Нутқ товушини танишни жуда кўп самарали усуллари мавжуд бўлиб, улардан энг оммалашгани бу нутқ спектограмма тасвирини қайта ишлаш орқали уни таниш ҳисобланади [3-17]. Мақолада нутқ товушини таниш усуллари, нутқ спектограмма тасвирини ҳосил қилиш босқичлари, ҳосил қилинган тасвирини қайта ишлаш қадамлари ҳақида тўхталиб ўтганмиз.

Ҳар қандай нутқ товуши (сўз ёки гап) албатта кичик фонема (ҳарф ёки ва ҳарф бирикмаси) дан ташкил топган. Шунини инобатга олиб, ушбу мақолада ўзбек тилида мавжуд сўзларда энг кўп учрайдиган фонемалар яъни, олти тунли ҳарфларни танишга мўлжалланган алгоритм ишлаб чиқишни кўриб ўтганмиз.

II. АСОСИЙ ҚИСМ

Нутқ сигналларини автоматик таниш бўйича изланишлар ўтган асрнинг 60-йилларидан бошланиб то ҳозиргача интенсив равишда давом этиб келмоқда. Ҳозиргача олинган натижалар, яъни яратилган усул ва алгоритмлар, реал шароитларда ишловчи нутқни таниш тизимларида (НТТ) етарлича самарадорлик кўрсаткичларига эга эмас. Шундай экан НТТнинг самарадорлик кўрсаткичларини яхшилаш учун турли нутқ сигналларини таниб олиш усуллари биргаликда қўллаш мақсадга мувофиқ саналади [1,5].

Бугунги кунда бир қанча нутқ сигналларини таниш усуллари мавжуд бўлиб, қўйида уларнинг бир нечта асосий синфларига статистик таҳлил асосидаги усуллар (яширин Марков моделлари) [5,7,13], спектрал соҳада сигнал элементларини қайта ишлаш усуллари (Фурье-таҳлил, Вейвлет-

тахлил) [6], нейрон тармоқларига асосланган усуллар (ўз-ўзини ўқитиш ва такомиллаштирувчи алгоритмлар ва усуллар) киради [11].

Бундан кўриниб турибдики, юқорида келтирилган битта синф усуллари асосида яхши самарадорликни берувчи НТТни яратиш бўлмайди. Шунинг учун бугунги кунда нутқни сигналларини таниш масалаларида юқорида келтирилган усуллар синфини биргаликда қўллаш асосида олинган натижаларига интеллектуал ишлов бериш НТТнинг самарадорлик кўрсаткичларини оширади [6].

Нутқ сигналларини қайта ишлаш – бу нутқ сигналлари устида филтрлаш, кодлаш, фойдали ахборотларни ажратиш олиш, сиқиш ва тиклаш алгоритмларини амалга оширувчи фан соҳасидир. Нутқни қайта ишлаш ва таниш олиш тизимлари қўйидаги масалаларни ўз ичига олади:

- филтрлаш ва шовқинларни камайтириш;
- сигналдаги ахборотли қисмларни сегментлаштириш;
- ахборотли параметрларни аниқлаш;
- таниш олиш.

Ҳар бир нутқ сигналларини қайта ишлаш масалаларини фақат муайян усуллар ёрдамида амалга ошириш мумкин. Қўлланилиш соҳасига кўра ишлов бериш усуллари 3 та соҳага ажратилади: частотали, вақт ва частота-вақт соҳалари [1].

Вақт соҳасида ишлов бериш усуллари сигналидан характерли нуқталарни аниқлайди. Аниқланган характерли нуқталар нутқ сигналларини таҳлил қилиш учун ишлатилади.

Характерли нуқталар сифатида сигналнинг максимум (минимум) қийматлари ва вақт ўқини кесиб ўтиш моментлари киради. Вақт соҳасида ишлов бериш усулларининг асосий камчилиги сифатида қуйидагиларни келтириш мумкин:

- кўп сондаги параметрлар билан ишлаш қийинчилиги;
- олинган параметрлардан керакли ва ишончли бўлганларини ажратишнинг ноқулайлиги;
- танишда ва синфлаштиришда алгоритмларнинг аниқлигини пастлиги.

Частота-вақт (спектрал) соҳасида сигналларни қайта ишлаш вақт соҳасида учрайдиган муаммоларни ҳал қилиш билан бирга бизга қуйидаги масалаларни ечишда ёрдам беради [6]:

- сигнални кичик бўлак фреймларга ажратиш ва ҳар бир бўлакни алоҳида қайта ишлаш;
- спектрал ишлов бериш соҳаси сигналлар устида бажариладиган мураккаб алгоритмлар синфини кенгайтиради ва уларда қўлланиладиган сонли усуллар, бир вақтнинг ўзида бир нечта амалларни (филтрлаш, сиқиш) бажариш имкониятини тақдим этади;

– сегментлаш натижасида ҳар бир бўлак учун маълумотлар устида параллел равишда қўллаш имкониятини яратилиши.

Кўйида нутқ сигналларни спектрал соҳада қайта ишлаш натижасида ҳосил қилинган спектограмма тасвирини нуқтни таниш масаласида қўлланишини кўриб ўтамиз.

Юқорида айтиб ўтганимиздек нутқни танишда бир нечта алгоритмлар ишлатилади. Шулар орасида энг самарали усулларида бири бу нутқ спектограмма тасвирини ҳосил қилиш ва таҳлил қилиш асосида спектограммани таниш ҳисобланади. Ҳозирги кунда яратилаётган нутқни таниш алгоритмларнинг аксарияти нутқ спектограмма тасвирини қайта ишлашга асосланган. Нутқ спектограмма тасвири уни энг яхши тавсифлайдиган восита ҳисобланади [8-18].

Шу ўринда нутқ спектограмма тасвирини танлашдан асосий мақсадларни келтириб ўтадиган бўлсак, улар қуйидагилар:

– нутқ спектограммани тасвири сигнал кўринишдан қулайроқ. Бунинг натижасида икки ўлчамли сигналларни қайта ишлаш усулларида ҳам бемалол фойдалансак бўлади;

– нутқ спектограмма тасвирини ҳосил қилиш орқали масалани тасвирларни таниш масаласига айлантиришга эришилади;

– спектограмма тасвирини тескари алгоритм ёрдамида яна товушга ўзгартира олиш имконияти;

– спектограмма тасвири ёрдамида асосий параметрик кўрсаткичлар (асосий, биринчи ва иккинчи форманталар жойлашуви) ни аниқлаш имкониятининг мавжудлиги ва бошқалар.

Нутқ товушини спектрал анализ қилишда спектограмма тасвирини таҳлил қилиш самарали усуллардан бири ҳисобланади. Тасвир ёрдамида нафақат нутқни таниш ва шу билан бир қаторда сўзловчи ҳақида кўплаб маълумотларни олишимиз мумкин бўлади. Масалан сўзловчининг жинсини, ёшини ва ҳаттоки эммоционал ҳолатини ҳам аниқлашимиз мумкин [7].

Кўйида нутқ товуши спектограммасини ҳосил қилиш алгоритми келтирилган. Унга кўра нутқ спектограммасини ҳосил қилиш қўйидаги босқичларда амалга оширилади (1-расм).



1-расм. Нутқ спектограммасини ҳосил қилиш босқичлари

Юқоридаги 1-расмни кўриб ўтадиган бўлсак, кировчи сигнал бир нечта алмаштиришлардан ўтиб спектрограмма тасвири ҳосил қилинади.

Илк босқичлардан бири сифатида кировчи сигнални бўлақларга бўлиш келтирилган. Бунда сигналнинг хусусиятидан келиб чиқиши керак, одатда фрейм узунлиги этиб $N=256$ қийматлар танланади. Ҳар бир бўлақ алоҳида-алоҳида ойнадан ўтказилади. Ойна сифатида Hemming ойнаси танланган бўлиб, у сигнални филтрлайди ва ундаги узилишларни йўқотишга олиб келади. Hemming ойнасини куйидаги (1) формула орқали ифодалашимиз мумкин.

$$H(n) = 0.56 + 0.46 * \cos\left(\frac{2*\pi*n}{N}\right), n=1..N \quad (1)$$

Hemming ойнасидан ўтказилганидан сўнг ҳар бир сигналнинг бўлаги учун спектрал коэффициентлар аниқланади. Одатда Дискрет Фуре Алмаштириш (ДФА), Тезкор Фуре Алмаштириш (ТФА) ёки Дискрет Косинус Алмаштириш (ДКА)лар орқали спектрал коэффициентлар аниқланади[2,3]. Биз ДКАдан фойдаланганмиз ва у (2) формулада келтирилган.

$$Y(x) = w(n) * \sum_{n=1}^N x(n) * \frac{\cos \pi(2n - 1)(k - 1)}{2N}, \quad k = 1..N \quad (2)$$

$$\text{Бу ерда: } w(n) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & k = 1 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & 2 \leq k \leq N \end{cases}$$

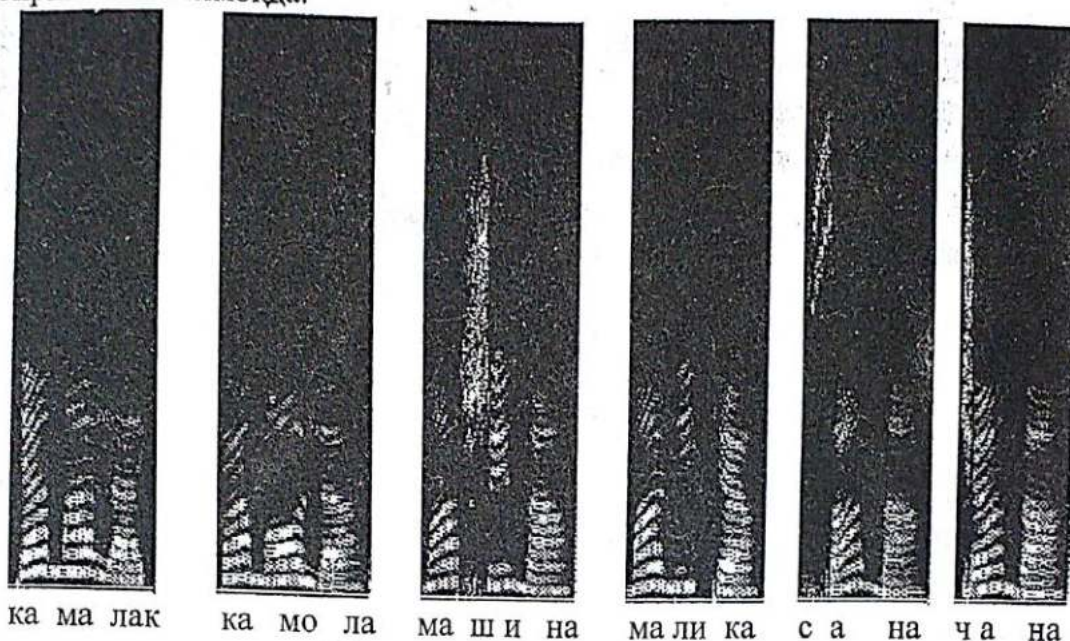
Ҳар бир Hemming ойнасидан ўтган фрейм, ДКА орқали частота соҳасида ёйилади, яъни спектрал коэффициентлар аниқланади. Олинган коэффициентлар орқали спектрограмма тасвири ҳосил қилинади. Тасвирни ҳосил қилиш бир мунча қийинчилик талаб қилади. Яъни биз топган ҳар бир бўлақдаги коэффициентлар 0 дан 255 ораликқа келтирилади. Бу эса кулранг тасвирни қиймати сифатида қаралади.

Мисол сифатида биз бир нечта сўзларни спектрограммасини ҳосил қилиб кўрганмиз. Улар куйидаги кўринишда ҳосил бўлди. (2-расм).

Спектрограмма тасвир $256 \times M$ ўлчамда бўлади. Бу ерда M бўлақлар сони. Спектрограмма тасвирининг i - устунига i - бўлақ қийматлари тўғри келади.

Бу тасвирлардан кўришимиз мумкинки, турли хил сўзнинг спектрограммаси ҳам турлича бўлади. Мисолларимизда талаффузи бир-бирига яқин бўлган сўзлар танланган, Лекин шунга қарамасдан уларнинг кўриниши бир-биридан фарқланади.

“Камалак” ва “камола” сўзларининг спектрограмма тасвирига эътибор берадиган бўлсак, “ка” бўғини бир-бирига ўхшайди, “машина” ва “малика” сўзларида эса “ма” бўғини, “сана” ва “чана” сўзларида эса “на” бўғини бир-бирига мос келмоқда.



2-расм. Нутқ спектрограмма тасвири

Лекин бошқа қисмлари бир-бирдан фарқ қилмоқда. Нутқ товуши спектрограммаси гап эгасига боғлиқ равишда фарқ қилиб боради. Мисол учун ёш болаларда бошқача бўлса, аёлларда бошқача бўлади. Лекин тасвирда кўриниб турган рік (чўққи) лар унчалик фарқ қилмайди. Аммо унинг ёрқинлиги (сон қиймати) паст ёки баланд бўлиши мумкин.

Энди ҳосил бўлган спектрограмма тасвири ёрдамида нутқ товушини таниш масаласини кўрадиган бўлсак, спектрограмма тасвирини таҳлил қилишни турли хил алгоритмлари мавжуд. Масалан олинган спектрограмма тасвирида форманталар жойлашуви, форманталар орадидаги масофа, асосий форманталар учрайдиган частота ва бошқа кўрсаткичлар аниқланиб шулар ёрдамида таниш амалга оширилган. Биз тақдим қилган алгоритм фақат ўзбек тилидаги унли ҳарфлар учун мўлжалланган. Қўйида ўзбек тилидаги олти унли ҳарфларни спектрограмма тасвирини таҳлил қилиш орқали улар бир-бирларига қанчалик ўхшашлигини кўриб ўтамиз.

Нутқ сигналларини спектрограмма тасвири ёрдамида таниш бир неча қадамларда амалга оширилади. Уларни кетма-кет кўриб ўтамиз.

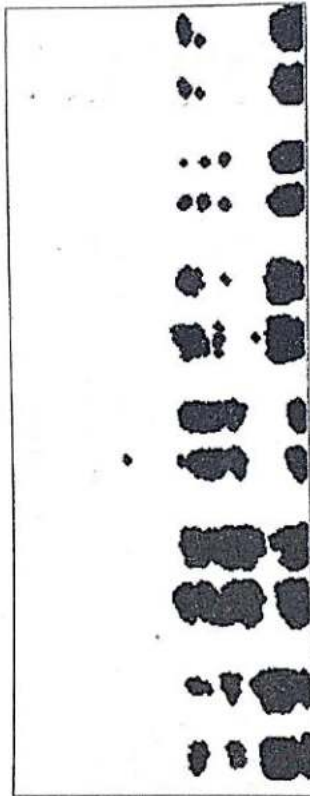
1-қадам. Юқорида таърифланган дастур ёрдамида олти унли ҳарфлар ‘а’, ‘е’, ‘и’, ‘о’, ‘у’, ‘ў’ ларнинг спектрограмма тасвирни ҳосил қилиб олдик. Қўйидаги расмда олти унли ҳарфлар кетма-кет икки мартадан такрорлаб талаффуз қилиниб уларни спектрограмма тасвири келтирилган:



а а э э и и о о у у ў ў

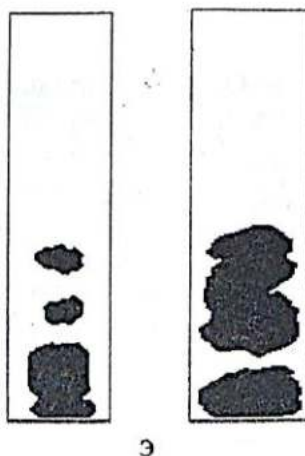
3-расм. Харфлар спектрограмма тасвири

2-кадам. Бу кадамда тасвирни кулранг кўринишдан иккилик бинар яъни оқ қора кўринишга келтирилади ва тасвирни бир неча усулларда филтрланади. Сўнгра қуйидаги тасвир ҳосил бўлади:



4-расм. Филтрлашлардан сўнг ҳосил бўлган спектрограмма тасвири

3-кадам. Ҳосил бўлган тасвирда биз олгита унли харфларнинг спектрограмма тасвирни ҳосил қилишни кўрдик. Ҳар бир харфлар алоҳида ҳолда ушбу кадамларган ўтказилиши керак. Мисол сифатида иккита унли харфлар «а» ва «э» харфларни спектрограмма тасвирини ҳосил қилганмиз. Улар қуйидагича:



5-расм. «а» ва «э» ҳарфларининг спектрограмма тасвири

Энди биз ушбу иккита унли ҳарфларни бир-бирдан фарқлашни кўриб ўтамыз. Бу учун биз корреляция формуласидан фойдаланамиз. У қуйидаги формулада келтирилган.

$$f_{xy} = \frac{\sum_i (x_i - M_x)(y_i - M_y)}{\sqrt{\sum_i (x_i - M_x)^2} * \sqrt{\sum_i (y_i - M_y)^2}} \quad (3)$$

Бу ерда X ва Y иккита кирувчи вектор бўлиб улар тасвирдан қандай олинади деган савол туғилади. Бунинг учун биз тасвирни қуйидаги кўринишда бўлақларга бўлиб чиқамиз. Бизга маълумки спектрограмма тасвири бўйи 256 пиксел бўлади. Лекин тасвирдан кўришимиз мумкин унинг вертикал бўйича 1-128 пикселларида қийматлар йўқ шунинг учун уларни ташлаб юборамиз ва қолган 129-256 пикселлар 8 пиксел интервал билан бўлақларга бўлиниб чиқилади. Ҳар бўлақдаги қора нуқталар сони аниқланади бу эса кирувчи X ва Y векторларни қийматлари бўлиб хизмат қилади.

Мисол учун:

$X = [0, 0, 43, 108, 18, 0, 37, 98, 35, 10, 215, 264, 264, 241, 231, 150]$

$Y = [0, 105, 256, 254, 274, 261, 242, 278, 274, 295, 169, 12, 198, 312, 321, 152]$

Бу ерда X векторда мос равишда 0 129-136, 0 137-144, 43 145-151, 108 152-159 пикселлар оралиғидаги қора нуқталар сони.

Ушбу алгоритм асосида олти унли ҳарфларни бир-биридан ва ўзинг иккинчи мартаба талафуз қилингани билан солиштириш орқали қуйидаги 1-жадвални қўлга киритдик.

1-жадвал

Унли харфларни ўхшашлик кўрсаткичлари

Унли харфлар	А	Е	И	О	У
А	93%	61%	25%	64%	56%
Е	42%	92%	68%	31%	34%
И	13%	71%	94%	16%	7%
О	72%	48%	10%	93%	63%
У	62%	45%	12%	77%	93%
Унли харфлар	81%	48%	19%	80%	84%

Жадвалдан шунини кўришимиз мумкинки, инсон талаффуз қилганда 100% олдин талаффуз қилганидек бўлмайди. Мисол учун «а» харфини оладиган бўлсак ўхшашлик 93% ни ташкил қилади. Бу солиштириш натижаси жиҳатидан «а» харфи эканлигини кўрсатиши билан бир қаторда бошқа харфлардан атрофлича фарқ қилишини ифода қилади. Масалан: «у» талаффузи «о» товушига ўхшаш бўлиб, уларнинг ўхшашлик даражаси 63% ташкил этади.

III. ХУЛОСА

Хулоса қилиб шунини айтишимиз мумкинки, нутқ товушини танишда унинг спектрограмма тасвиридан фойдаланган ҳолда таниб олиш энг қулай воситалардан бири деб қарашимиз мумкин. Чунки спектрограмма тасвирида нутқ товушини частота-вақт соҳасида аниқ ифода қилади ҳамда бошқа нутқни таниш усулларига нисбатан белгилар тўпламига бой саналади, ушбу белгиларни ажратиб олиш учун тасвириларни таниш усулларидан фойдаланиш мумкин.

АДАБИЁТЛАР

- [1] А.И.Солонина, Д.А.Улохович и др. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. Изд. 2-с исправ. и перераб. СПб.: БХВ – Петербург, 2005. - 768с.
- [2] Nicholas W.D. Evans, John S.Mason and Matt J.Roach, "Noise Compensation using Spectrogram Morphological Filtering", Speech and Image Research Group, Department of Electrical and Electronic Engineering University of Wales Swansea, UK.
- [3] Robini R. Mergu Dr.Shantanu K. Dixit. Multi-Resolution Speech Spectrogram. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 15– No.4, February 2011.
- [4] Хужааров И.Ш., Очилов М.М. "Нутқни қайта ишлаш масалаларини график процессорда амалга ошириш." International conference on in-

- portance of information technologies in innovative development of real sectors of economy. April 5-6, 2018, Tashkent, Uzbekistan
- [5] Musaev M.M, Raximov M.F, Berdanov U.A. Parallel algorithms for acoustic processing of speech signals. : 2016 IEEE International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP). 2017
 - [6] Мусаев М.М. “Современные методы цифровой обработки речевых сигналов”. Научно-технический и информационно-аналитическая журнал ТУИТ, №.2(42)/2017, 2-13. Тошкент-2017
 - [7] Berdanov U.A. “O’zbek tili nutqining qayta ishlashning korrelyatsion modeli tahlili”. TATUning ilmiy-texnika va axborot tahliliy jurnali, №.3(43)/2017, Toshkent-2017-c. 10-18.
 - [8] Al-Darkazali, Mohammed. Image processing methods to segment speech spectrograms for word level recognition. Doctoral thesis (PhD), University of Sussex. 2017.
 - [9] D. Polap, M. Woźniak. Image approach to voice recognition. 2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, SSCI 2017 - Proceedings. 2018. pp.1-7.
 - [10] J. M. Borst, "The Use of Spectrograms for Speech Analysis and Synthesis," vol. 4, 1956.
 - [11] B. Pinkowski, "Multiscale fourier descriptors for classifying semivowels in spectrograms," Pattern Recognition, vol. 30, p. 9, 1993.
 - [12] B. Pinkowski, "Principal component analysis of speech spectrogram images," Pattern Recognition, vol. 30, 1997. pp. 777-787.
 - [13] X. Xiong, L. Jinyu, C. Eng Siong, L. Haizhou, and L. Chin-Hui, "A study on hidden Markov model's generalization capability for speech recognition," in Automatic Speech Recognition & Understanding, 2009. ASRU 2009. IEEE Workshop on, 2009, pp. 255-260.
 - [14] W. B. Hussein, "Spectrogram Enhancement by Edge Detection Approach Applied To Bioacoustics Calls Classification," Signal & Image Processing: An International Journal, vol. 3, pp. 1-20, 2012.
 - [15] L. D. Alsteris and K. K. Paliwal, Short-time phase spectrum in speech processing: A review and some experimental results, Digital Signal Process. 17(3) (2007)-pp. 578–616.
 - [16] J. Allen, "Short term spectral analysis, synthesis, and modification by discrete fourier transform," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 25, no. 3, , 1977. pp. 235–238.
 - [17] Q. T. Nguyen et al., "Speech classification using sift features on spectrogram images," Vietnam Journal of Computer Science, vol. 3, no. 4, 2016. pp. 247–257.
 - [18] John G. Proakis, Dimitris Manolakis: Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications, 4th edition, Pearson, USA, 2006.

INFORMATIKA VA AXBOROT TEXNOLOGIYALARI		
Neyron tarmog'ida EKG signallarni tasniflashda tasvir formatining ta'siri	<i>Mo'minov B.B., Nasimov R.H., Nasimova N.M., Gadoyboyeva N.S.</i>	2
Nutq tovushlarini tanish algoritmini ishlab chiqish	<i>Xujayarov I.Sh., Ochilov M.M.</i>	18
Ko'p yadroli protsessorlarda signallarning parallel to'lqinli o'zgarishi algoritmlari	<i>Zaynidinov X.N., Xamdamov U.R.</i>	28
"UBIQUITOUS" texnologiyasi yordamida tibbiy signallarni qayta ishlash	<i>Varlamova L.P., Aripova Z.D.</i>	39
MATEMATIK MODELASHTIRISH VA DASTURLASH		
G'ovak muhitda gaz filtrlash jarayonini tahlil qilish uchun matematik model va sonli algoritmlar	<i>Ravshanov N., Nazirova E.Sh., Aminov S.M.</i>	45
Real gazlarni quvur orqali uzatishning chiziqsiz tenglamalarini yechish uchun sonli usul	<i>Xujayev I.K., Mamadaliyev X.A., Ibragimov S.U.</i>	66
O'zgaruvchan konsentratsiya va zichlikka ega suyuqlik diffuziya jarayonining kanal uzunligi bo'ylab o'zgarishini modellashtirish	<i>Yahshivayev D.S., Xudayqulov S.I., Usmonov A.X.</i>	78
Ko'p qatlamli muhitda yer osti suvlari geofil'tratsiyasi jarayonlarini matematik modellashtirish (Kitob-Shahrisabz yer osti suvlari konlari misolida)	<i>Djumanov J.X., Egamberdiyev X.S., Yusupov R.A., Ishanxodjayev O.A., Axralov Sh.S.</i>	85
O'zbek tili fonologiyasidagi supersegmental vositalar va ularni avtomatlashtirishning algoritmik asoslari	<i>Aripov M., Norov A.M.</i>	100
Hisoblash MPI-klasterining cheklangan buferli ommaviy xizmat ko'rsatish modeli	<i>Xamdamov U.R.</i>	110
AXBOROT XAVFSIZLIGI		
Algoritmli avtomatik modellar va tarqatilgan mikroprotsessorlar boshqaruv tizimlari va axborot xavfsizligini yaratish usullari	<i>Kabulov A.V., Boltayev Sh., Muhammadiyev F.R.</i>	120
TA'LIMNI AXBOROTLASHTIRISH		
Optimal boshqaruv ob'yekti sifatida o'quv jarayonini matematik modellashtirish	<i>Suvonov O.O., Jurakulov T.T.</i>	134
QISAQACHA ILMIY MA'LUMOTLAR		
Express usulda paxta chigitining namligini o'lchash moslamasi to'g'risida	<i>Xaydarov A.A., Kimizbayeva O.E., Sodiqova Sh.Sh., Sodiqova F.B.</i>	143

- Muhammadiyev F.R.* husniddin ml@bk.ru
O'zMU, magistranti
- Nasimov R.N.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Kompyuter tizimlari" kafedrası assistenti, rashid.nasimov@gmail.com
- Nasimova N.M.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Fizika" kafedrası assistenti, nigora.nasimova@gmail.com
- Nazirova E.Sh.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Multimedia texnologiyalari" kafedrası mudiri, elmira.nazirova@mail.ru
- Norov A.M.* Qarshi davlat universiteti, nam_71@mail.ru
- Ochilov M.M.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Kompyuter tizimlari" kafedrası assistenti, ochilov.mannon@mail.ru
- Ravshanov N.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Ilmiy-innovatsion markaz laboratoriya mudiri t.f.d., professor, ravshanzade-09@mail.ru
- Suvonov O.O.* Navoiy Davlat pedagogika unstituti "Informatikani o'qitish metodikasi" kafedrası dotsenti, olimsuvonov54@umail.uz
- Sodiqova Sh.Sh.* I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti "Axborotni qayta ishlash va boshqarish tizimlari" kafedrası katta o'qituvchisi, sshakhnoza@yandex.ru
- Sodiqova F.B.* I.Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti magistrant, S_Feruza@mail.ru
- Usmonov A.X.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Algoritmizatsiya va matematik modellashtirish" kafedrası assistenti, alishertuit@mail.ru
- Xujayarov I.Sh.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU tayanch doktoranti, ilyoskhujayorov@gmail.com
- Xamdamov U.R.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Telekommunikatsiyada apparat va dasturiy ta'minotlarni boshqarish tizimi" kafedrası dotsenti, utkir.hamdamov@mail.ru
- Xujayev I.K.* Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Ilmiy-innovatsion markaz t.f.d., katta ilmiy xodim, i_k_hujayev@mail.ru
- Xudaykulov S.I.* O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligi vazirligi irrigatsiya va suv muammolari ilmiy tadqiqot instituti, t.f.d., yetakchi ilmiy xodim, s.xudaykulov@mail.ru