

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**БЕРДАНОВ УЛУҒБЕК АБДУМУРОДОВИЧ**

**ЎЗБЕК ТИЛИ НУТҚ СИГНАЛЛАРИНИ ТАҲЛИЛИ, ИШЛОВ БЕРИШ**  
**АЛГОРИТМЛАРИ ВА ДАСТУРИЙ МАЖМУАСИ**

05.01.04 – Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер  
тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)**  
**ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)  
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

|   |    |
|---|----|
| <b>Берданов Улугбек Абдумуродович</b><br>Ўзбек тили нутқ сигналларини таҳлили, ишлов бериш алгоритмлари<br>ва дастурий мажмуаси.....          | 3  |
| <b>Берданов Улугбек Абдумуродович</b><br>Анализ речевых сигналов узбекского языка, алгоритмы обработки и<br>программный комплекс.....         | 21 |
| <b>Berdanov Ulugbek Abdumurodovich</b><br>Analysis of speech signals of the Uzbek language, processing algorithms<br>and software packag..... | 38 |
| <b>Эълон қилинган ишлар рўйхати</b><br>Список опубликованных работ<br>List of published works.....  | 41 |

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**БЕРДАНОВ УЛУҒБЕК АБДУМУРОДОВИЧ**

**ЎЗБЕК ТИЛИ НУТҚ СИГНАЛЛАРИНИ ТАҲЛИЛИ, ИШЛОВ БЕРИШ**  
**АЛГОРИТМЛАРИ ВА ДАСТУРИЙ МАЖМУАСИ**

05.01.04 – Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер  
тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)**  
**ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/Т444. рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифасида ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) ва «Ziynet» ахборот-таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:** Мусаев Муҳаммаджон Маҳмудович  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:** Мўминов Баходир Болтаевич  
техника фанлари доктори

Авазов Юсуф Шодиевич  
Phd, доцент

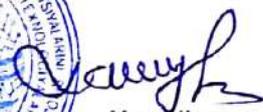
**Етакчи ташкилот:** Тошкент давлат транспорт университети

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «22» Октябрь да соат 16<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (0/161 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43).

Диссертация автореферати 2020 йил «09» Октябрь кuni таркатилди.  
(2020 йил «18» Сентябрь даги 15 рақамли реестр баённомаси).



  
Р.Х.Хамдамов  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

  
Ф.М.Нуралиев  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

  
М.А.Раҳматуллаев  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда компьютер технологияларини ривожлантириш нутқга ишлов бериш воситаларини ривожлантиришга тўртки берди. Рақамли сигналларнинг ишлов бериш турларидан бири бўлган нутқ сигналларига ишлов бериш алгоритмларини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилди. Нутқни таниш, ҳосил қилиш ва масофага узатиш каби масалаларнинг ечимлари устида тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ривожланган мамлакатларда Россия Федерацияси, АҚШ, Хитой, Япония, Жанубий Корея, Германия, Франция ва бошқа мамлакатларда турли тилларда нутқ сигналларига ишлов беришда илмий изланишлар олиб борилмоқда. Хусусан, Ўзбекистонда ўзбек тили нутқига замонавий ахборот технологиялари ёрдамида ишлов бериш устида назарий ва амалий тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Жаҳон амалиётида нутқ сигналларига ишлов беришга асосланган турли тилларда нутқни танишнинг аппарат-дастурий воситаларини, нутқни таниш, ҳосил қилиш ва нутқни масофага узатишга мўлжалланган дастурий мажмуаларни ишлаб чиқишга доир кўплаб илмий изланишлар олиб борилмоқда. Илмий изланишлар натижасида ҳар бир тил учун хусусий алгоритмлар кетма-кетлигини яратиш устида интеллектуал алгоритмларга асосланган тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда. Бу борада, ўзбек тилидаги нутқ сигналларига ишлов бериш учун математик алгоритмлар, билимлар ва маълумотлар базаси ҳамда қулай интерфейсга эга дастурий мажмуа ишлаб чиқиш муҳим илмий-амалий масала ҳисобланади.

Республикамизда ахборот технологияларининг ривожлантиришга қаратилган эътибор туфайли, аҳолининг йирик қатламини ахборот технологиялари, қулай дастурий маҳсулотлар билан таъминлаш, дастурий маҳсулотлардан фойдаланиш самарадорлигини оширишга катта эътибор қаратилмоқда. 2017 – 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «...болаларнинг ҳар томонлама интеллектуал, эстетик ва жисмоний ривожланиши шарт шароитларини тубдан яхшилаш, ...илғор ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш ва улардан фойдаланиш, иқтисодиёт, ижтимоий соҳа ва бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, жумладан, нутқ нуқсони мавжуд болалар нутқ реабилитацияси учун математик алгоритмларини ва дастурий мажмуасини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга.

Республикамизда бу соҳани тубдан такомиллаштириш бўйича Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ– 4947-

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017-йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 1 декабрдаги ПФ – 5270-сон «Ногиронлиги бўлган шахсларни давлат томонидан қўллаб-қувватлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 30 июндаги ПФ – 5099-сон «Республикада ахборот технологиялари соҳасини ривожлантириш учун шарт-шароитларни тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 19 февралдаги ПФ–5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 29 августдаги ПҚ–3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқарув тизимини янада такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот фан ва технологиялари ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёнинг кўпгина илмий марказларда АҚШ, Германия, Англия, Россия ва Хитойда нутқ сигналларини таҳлил қилиш ва таниш учун моделлар, усуллар ва алгоритмларни яратиш, рақамли ишлов беришнинг самарали тизимини яратиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилди. Таниқли хорижий олимлар Э.Э.Айфичер, Л.Р.Рабинер, К.Х. Девис, Р. Биддалф, С.Балашек, К.Нагата, Ҳ. Сакое, И.Пател, Е.Трентин, Ж.Луи, А.Ҳалид, Т.К. Винцюк, А.М.Трахман, А. А. Карпов, И.С. Зайцев, Н.Е.Тимофеев, И.С.Кипяткова, А.А.Борискевич, В.Н.Сорокин, Б.М.Лобанов, В.М. Величко ва Н.Г.Загоруйко каби олимлар томонидан нутқ сигналларига ишлов беришда кенг қўлланиладиган самарали моделлар ва алгоритмларни яратилган.

Республикамиздаги бир қанча илмий тадқиқот муассасалари олимларининг ишларида ўзбек тили нутқ сигналларига ишлов бериш алгоритмлари, усуллари, маълумотлар ва билимлар базаларини ишлаб чиқишга оид илмий манбаларда ёритилган масалалар кўриб чиқилган. Шу жумладан, нутқ сигналларига ишлов беришда Ф.Б.Абуталиев, Т.Ф.Бекмуратов, М.М.Мусаев, Х.Н.Зайниддинов, Ў.Р.Ҳамдамов, Л.Р.Муминова, Ш.Т.Каримова ва бошқа олимлар ўзининг катта ҳиссаларини кўшган.

Нутқ сигналларига ишлов бериш тизимлари устида таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, математик усуллар, алгоритмлар, маълумотлар ва билимлар базаси, қарор қабул қилишдаги интеллектуал алгоритмлар асосидаги дастурий мажмуалар ёрдамида болаларнинг нутқ камчиликларини

таҳлил қилиш, нутқ товушларини қўйиш ва учрайдиган нутқ нуқсонларини бартараф этиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А5-026 – «Кўп ядроли ҳисоблаш аппарат платформалари таҳлили ва мультимедиа тизимлари учун оқимли ишлов бериш» (2012-2014), №А-5-015 – «Спектрал ўзгартиришлар асосида нутқли сигналларнинг таҳлили ва параллел методлар, алгоритмлар ва дастурлар яратиш» (2014-2017), БЕОА-5-005—«Инсон нутқини таниш тизимлари қурилмаларининг таҳлили ва нутқий сигналларни қайта ишловчи аппарат-дастурий воситалар яратиш» (2016-2018), ЁБВ-Атех-2018-134— «Нутқий сигналларни таниш алгоритмларининг рақамли сигнал процессорларида таҳлили ва дастурий таъминотини яратиш» (2017-2019) ва 24/19-Ф «Мактабгача ва мактаб ёшидаги болалардаги нутқ нуқсонларини реабилитациясида компьютер дастурларини ишлаб чиқиш» (2019) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** интеллектуал ишлов бериш усулларига асосланган ўзбек тилининг нутқ сигналларини таҳлил қилиш ва таниш алгоритмларини яратиш ва логопедик реабилитация технологиялари учун дастурий таъминот яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

нутқ сигналларига ишлов беришда фойдаланиладиган аппарат ва дастурий воситаларни таҳлил қилиш ва ўрганиш;

нутқ сигналларига ишлов беришда фойдаланиладиган моделлар ва усулларни таҳлил қилиш ва улар асосида ўзбек нутқ сигналларига ишлов бериш алгоритмлари яратиш;

болаларда нутқ нуқсонларини аниқлаш ва реабилитация технологияларини ривожлантириш учун зарур бўлган маълумотлар базаси ва билимлар базасини яратиш;

логопедик реабилитация технологияларида фойдаланувчи дастурий мажмуа ва қулай интерфейс яратиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида болалар нутқини ривожлантиришда қўлланилувчи логопедик товушлар, бўғинлар ва сўзлар асосида ёзилган нутқ сигналлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** ўзбек тилининг нутқ сигналларини таҳлил қилиш ва таниб олиш учун моделлар, усуллар ва алгоритмлардир.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, сонли усуллар, спектрал усуллар, мел-кепстрал усуллар, интеллектуал усуллар ва қарор қабул қилиш алгоритмларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

нутқ сигналларига ишлов берувчи моделлар ва усуллар таҳлили асосида ўзбек тилига мос спектрал параметрларни ҳисобга олган ҳолда интеллектуал ишлов бериш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

нутқ сигналининг Фурье спектрал ва кепстрал параметрлари асосида ўзбек тили нутқига ишлов берувчи алгоритмлар кетма-кетлиги ишлаб чиқилган ва дастурлар яратилган;

ўзбек тилидаги нутқ товушлари, бўғинлари ва сўзлари танишда нейрон тармоқларининг вазнларини ҳисобга олган ҳолда билимлар базаси ва мултимедиали маълумотлар базаси ишлаб чиқилган;

ўзбек тили нутқ сигналлари ишлов беришда нутқ камчиликларини тузатишнинг логопедик технологияларини ҳисобга олган ҳолда қулай интерфейсга эга дастурий мажмуа яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

нутқ камчилиги мавжуд болаларнинг логопедик технологиялар асосида нутқ камчиликларини аниқлаш ва реабилитация жараёни таҳлил қилинган ҳамда компьютер технологияси яратилган;

логопедик экспериментлар асосида Республика болалар ижтимоий мослашуви марказининг нутқ нуқсонлари аниқланган болаларнинг реабилитацияси учун дастурий мажмуа ва фойдаланувчи интерфейси ишлаб чиқилган. Дастурий мажмуанинг яратилган модуллари мантикий равишда бирлаштирилган ва ягона дастур сифатида ишлайди;

нутқида камчилиги бўлган болаларда нуқсонларни бартараф этишда дастурий мажмуанинг самарадорлиги амалий тажрибалар асосида аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги болаларда нутқ нуқсонларини аниқлаш ва реабилитация қилишда махсус дастурий тўпладан фойдаланган ҳолда ўтказилган тажрибалар натижаларининг ишонччилигини исботлашга асосланган якуний хулосалар билан изоҳланади.

**Тадқиқотлар натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти нутқнинг бузилиши бўлган болаларнинг нутқ сигналларига ишлов беришда унли товушлар, ундош товушларни, бўғинларни ва сўзларни таниб олишнинг нутқ сигналининг параметрларини ишлаб чиқиш ва интеллектуал алгоритмлари яратиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, яратилган алгоритмлар нутқида камчилиги бўлган болаларда нутқ нуқсонларини бартараф этиш учун ишлатиладиган тегишли дастурий мажмуа ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Диссертация доирасида олиб борилган тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган алгоритмлар ва яратилган дастурий мажмуа асосида:

нутқ нуқсони мавжуд болаларнинг нутқ товушларининг реабилитацияда товушлар, бўғинлар ва сўзларни таниш алгоритмлари асосида ишлаб чиқилган

дастурий мажмуа “LOGOS MARKAZ” МЧЖ да нутқ нуқсони мавжуд болалардаги нутқ камчиликлари бартараф этишда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 17 июлдаги 33-8/4095-сон маълумотномаси). Натижада таклиф қилинган алгоритмлар асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуа нутқ нуқсони мавжуд болаларда логопедик реабилитация вақтини 10-15 % га камайтириш имконини берган;

нутқ камчилиги мавжуд болаларда нутқ товушларини қўйишда, болаларнинг нутқини танишда қулай интерфейсга эга бўлган дастурий мажмуа Республика болалар ижтимоий мослашув марказида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 17 июлдаги 33-8/4095 маълумотномаси). Натижада, билимлар ва маълумотлар базасига эга дастурий мажмуа логопед ва болалар ўртасида мулоқот жараёнини осонлаштиради, болаларнинг логопед билан машғулотлари сонини камайтириш имконини берган ва болалардаги нутқ нуқсонларини бартараф этишда реабилитация вақтини камайтириш ва нутқ товушларини ўзлаштиришда юқори самара беришга хизмат қилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг асосий назарий ва амалий натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Тадқиқотнинг асосий натижалари 23 та илмий ишларда эълон қилинган, улардан 6 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини эълон қилиш учун тавсия қилинган журналларда, жумладан 2 таси хорижий журналларда ва 4 таси республика журналларида ва 2 та хорижий журналларда нашр қилинган ҳамда ЭҲМ учун дастурларни расмий рўйхатдан олинганлиги тўғрисида 8 та гувоҳнома олинган

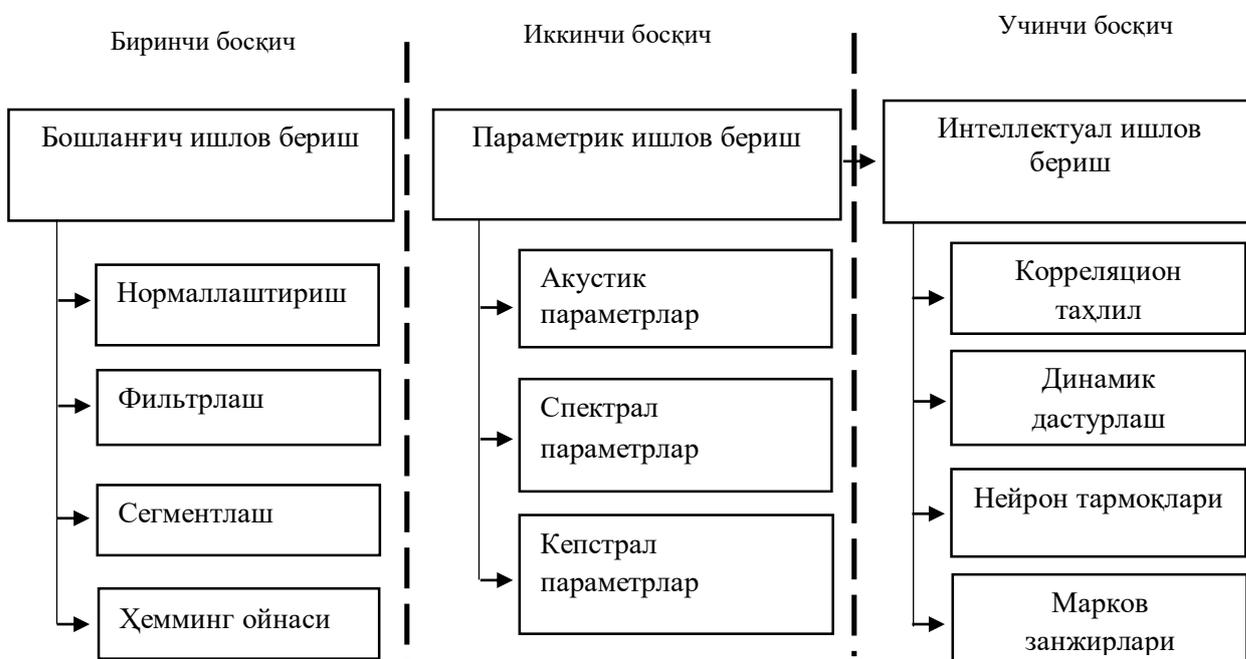
**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этган.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларини амалда жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Нутқ сигналини аниқлашнинг замонавий алгоритмларини таҳлил қилиш**» биринчи бобида нутқ сигналининг

тузилишини таҳлил қилинган, қайта ишлаш муаммолари, нутқ сигналларини қайта ишлайдиган маълум замонавий қайта ишлаш алгоритмлари ва мавжуд дастурий мажмуалар, ишлаб чиқилган алгоритмларни уч босқичда амалга ошириш имкониятларини тавсифлайди. Ушбу босқичлар учун алгоритмларнинг умумий гуруҳланган босқичлари 1-расмда келтирилган. Бундай тузилиш ёрдамида товушлар, бўғинлар ва нутқ сўзларини таниб олиш муаммосини ҳал қилиш имконияти ўрганилган. Дастлаб, вақт муҳитида нутқ сигналини ёзишни фонограммасига бошланғич ишлов бериш жараёнида амалга оширилади. Шундан сўнг, нутқ сигнали параметрларга ажратилади ва интеллектуал ишлов бериш алгоритмлари ёрдамида нутқ сигнали ҳақида маълумот олинади. Ҳар бир босқичда муаммонинг умумий шаклланишига қараб, танланган нутқ сигналга ишлов беришнинг бир нечта алгоритмлари мавжуд. Болаларнинг нутқ сигналларига ишлов бериш жараёнида ушбу босқичларнинг алгоритмларидан фойдаланиш имкониятлари таҳлил қилинган.

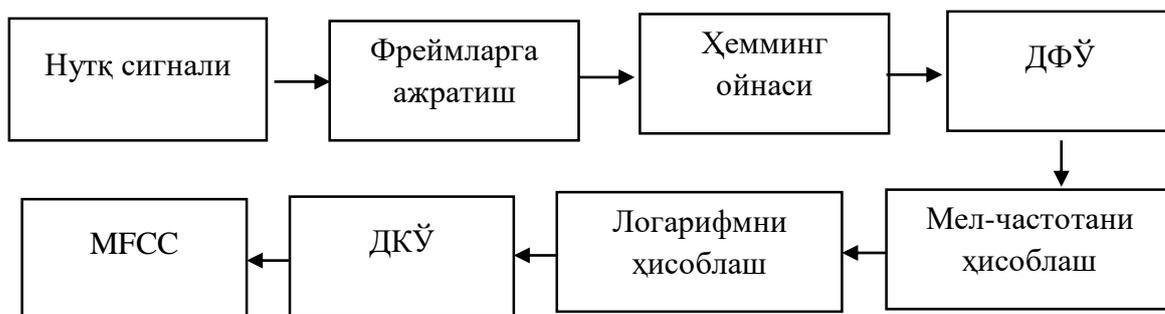


**1-расм. Нутқ сигналларига ишлов бериш босқичлари**

Диссертациянинг «**Нутқ сигналларига параметрик ишлов бериш усуллари ва алгоритмлари кетма-кетлигини яратиш**» деб номланган иккинчи бобида нутқ сигналларига рақамли ишлов беришнинг ҳар бир босқичларининг алгоритмлари аниқланган. Бошланғич ишлов бериш босқичида нутқ сигналини силлиқлаш алгоритми ишлаб чиқилган. Нутқ сигналларини силлиқлаш жараёнида қуйидаги масалаларни ечади:

- нутқ сигналга ташқи таъсирлар асосида қўшилган (асосий сигналга бошқа тасодифий сигналнинг қўшилиши) шовқинларни бартараф этади;
- нутқ сигналини ёзиб олиш (рақамли кўринишга ўтказиш) жараёнида аппарат қурилмаларидан тасодифий қўшилган шовқинлардан тозалайди.

Нутқ сигналидаги шовқинлар частотаси асосий сигнал частотасидан фарқ қилади. Нутқ сигналининг юқори частоталари сигналдаги шовқинларни ифодалайди. Бу шовқинларни бартараф этишда юқори частоталарни филтрлаш алгоритмларидан фойланиш зарур. Шу сабабли, нутқ сигналларидаги филтрлаш, силлиқлаш функциясини бажаради. Кейинги босқичда фреймларга ажратиш, Ҳемминг ойнасидан ўтказиш, дискрет Фурье ўзгартириш (ДФЎ), мел-ўзгартириш, логарифмлаш, дискрет косинус ўзгартириш (ДКЎ) ва MFCC (Mel-frequency cepstral coefficients) қийматларини ҳисоблаш амалга оширилади (2-расм).



**2-расм. MFCC қийматларини олиш алгоритми**

Бундан ташқари, нутқ сигналларини таниш жараёнида қарор қабул қилиш алгоритмларининг қўлланилиши ва ушбу алгоритмларнинг математик ифодалари келтирилган. Бобнинг асосий мазмуни бошланғич ишлов бериш алгоритмлари, параметрик ишлов бериш алгоритмларининг нутқ сигналлари учун қўлланилиши ва уларнинг дастурий модуллари яратилишига бағишланган. Бобда ўзбек тили нутқ сигналларига ишлов беришда қўлланиладиган энг зарур алгоритмларнинг дастурий модуллари ишлаб чиқилган.



**3-расм. Дастурий модулар структураси**

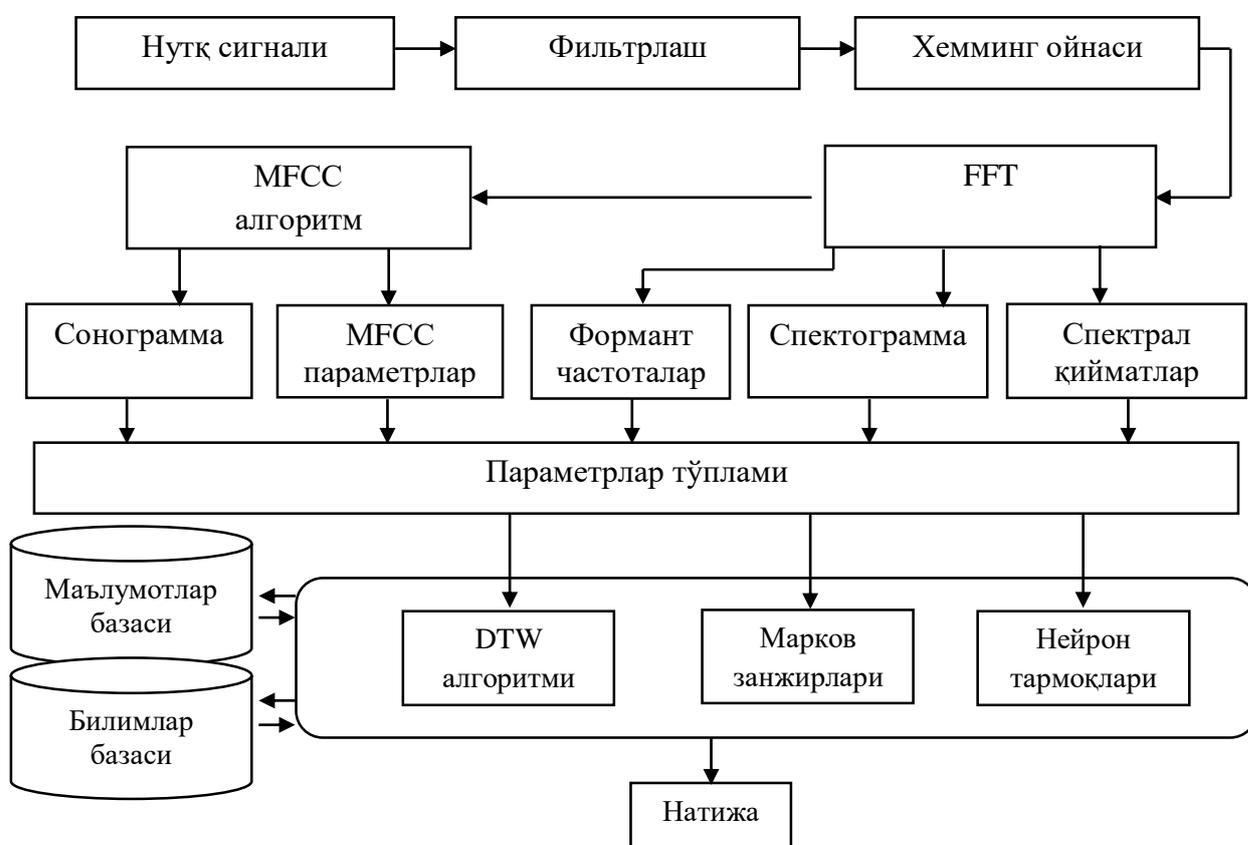
Уларга қуйидаги дастурий модуллер тўплами киради:

- нутқ сигналларига бошланғич ишлов берувчи алгоритмлар асосида яратилган дастурлар;
- нутқ сигналларига параметрик ишлов берувчи алгоритмлари асосида яратилган дастурлар.

Нутқ сигналларига ишлов беришда, биринчи навбатда нутқ сигналига бошланғич ишлов берувчи дастурлардан фойдаланилади. Сўнгра, параметрик ишлов берувчи дастурлар нутқ сигналининг керакли параметрларини аниқлайди. Натижада нутқ сигналининг керакли параметрлари устида иш олиб бориш имконияти юзага келади. Ушбу амалий дастурларнинг таркибий қисмлари қуйидаги 3-расмда тасвирланган.

Диссертациянинг «Ўзбек тили товушлари, бўғинлари ва сўзларини танишда суъний интеллект алгоритмлари қўлланилиши» деб номланган учинчи бобида нутқ сигналининг спектрал параметрларига асосланган ўзбек тили нутқига ишлов берувчи умумий структура ишлаб чиқилган (4-расм).

Ушбу структура, бошланғич ишлов бериш алгоритмлари, параметрлар тўплами кўринишидаги турли хил ахборот белгиларини аниқлашда параметрлар тўплами - сонограммалар, спектограммалар ва формант частоталар ёрдамида нутқ сигналларининг ҳар хил шакллари товушлар, бўғинлар ва сўзларни таниб олишда суъний интеллект алгоритмларидан фойдаланиш натижасида қарор қабул қилишга имкон беради.



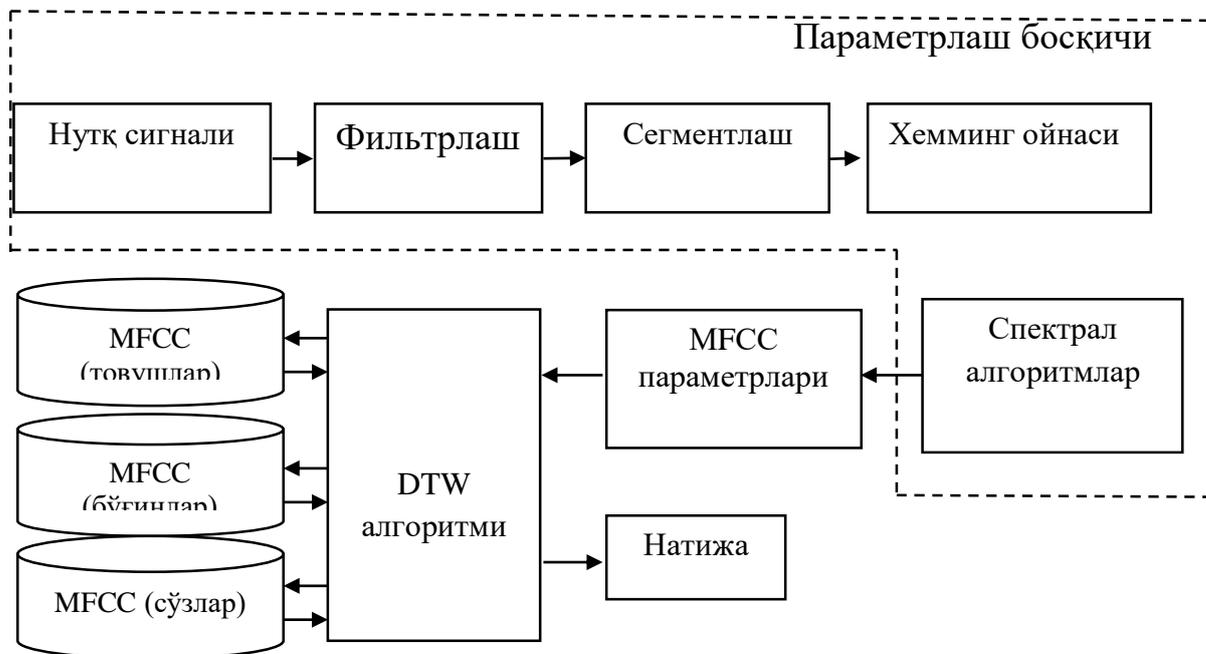
4-расм. Ўзбек тили нутқига ишлов беришнинг умумий структураси

Тажрибалар натижасида спектрал ва кепстрал таҳлил алгоритмлари асосида ўзбек нутқ сигналларининг ахборот белгилари таркиби танланади.

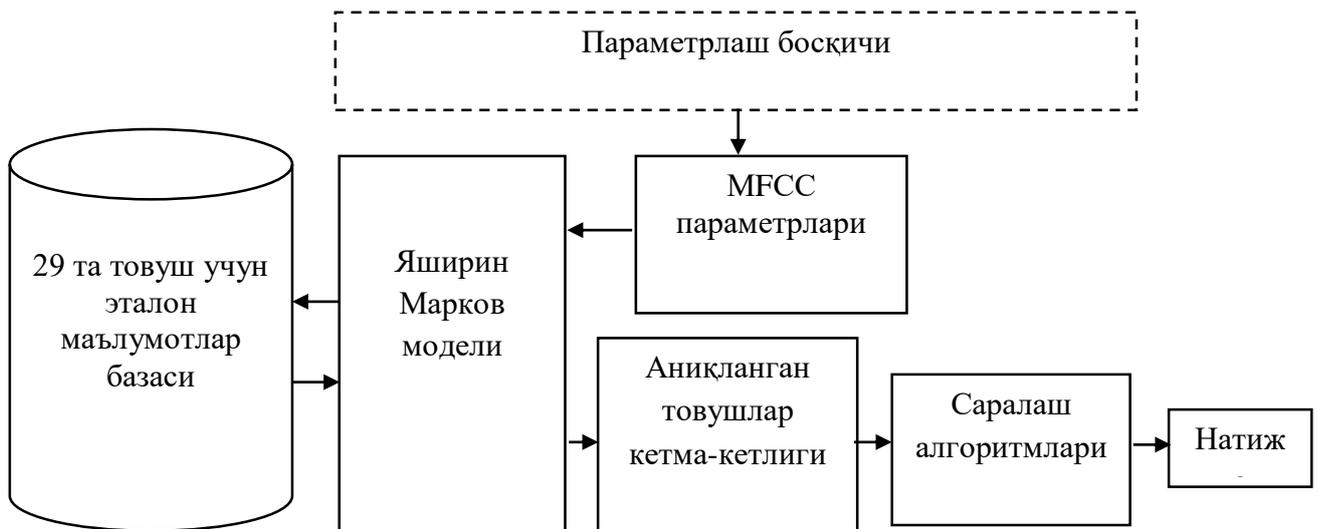
Ушбу параметрлар тўпламидан керакли параметрларни танлаш мослашувчан ишлов бериш структурасини яратишга имкон беради, унда динамик дастурлаш алгоритмлари (ДТВ), яширин Марков моделлари ва нейрон тармоқларидан интеллектуал алгоритмлари сифатида фойдаланиш мумкин. Сигнал параметрлари қарор қабул қилиш алгоритмларининг имкониятларидан фойдаланилган ҳолда, ечиладиган масалага қараб танланади. Нутқ нуқсони мавжуд болаларнинг реабилитациясида ёки сўзларни тестлаш ёки товушларни таниш масалаларида фойдаланиш имконини беради.

Ўзбек тилидаги нутқни таниш жараёнида, биринчи навбатда, ёзилган нутқ сигнали дастлабки ишлов бериш филтрлаш, силлиқлаш ва сегментлаш ишлари амалга оширилади. Сегментлаш нутқ сигналини кесимларларга бўлиш функциясини бажаради, шундан сўнг нутқ сигнали фреймларга ажратилади ва дискрет Фурье ўзгартириш ёрдамида ҳар бир фреймнинг спектрал қийматлари олинади. Натижада, икки ўлчовли спектограмма, формант частоталари ва спектрал қийматлар тўпламида шаклланади. Шундан сўнг, дискрет Фурье ўзгартириш ёрдамида сигналнинг MFCC параметрлар тўплами шаклланади. Уларга, нутқ сигналининг сонограммаси ва MFCC қийматлари ёрдамида параметрлар тўплами ҳосил бўлади.

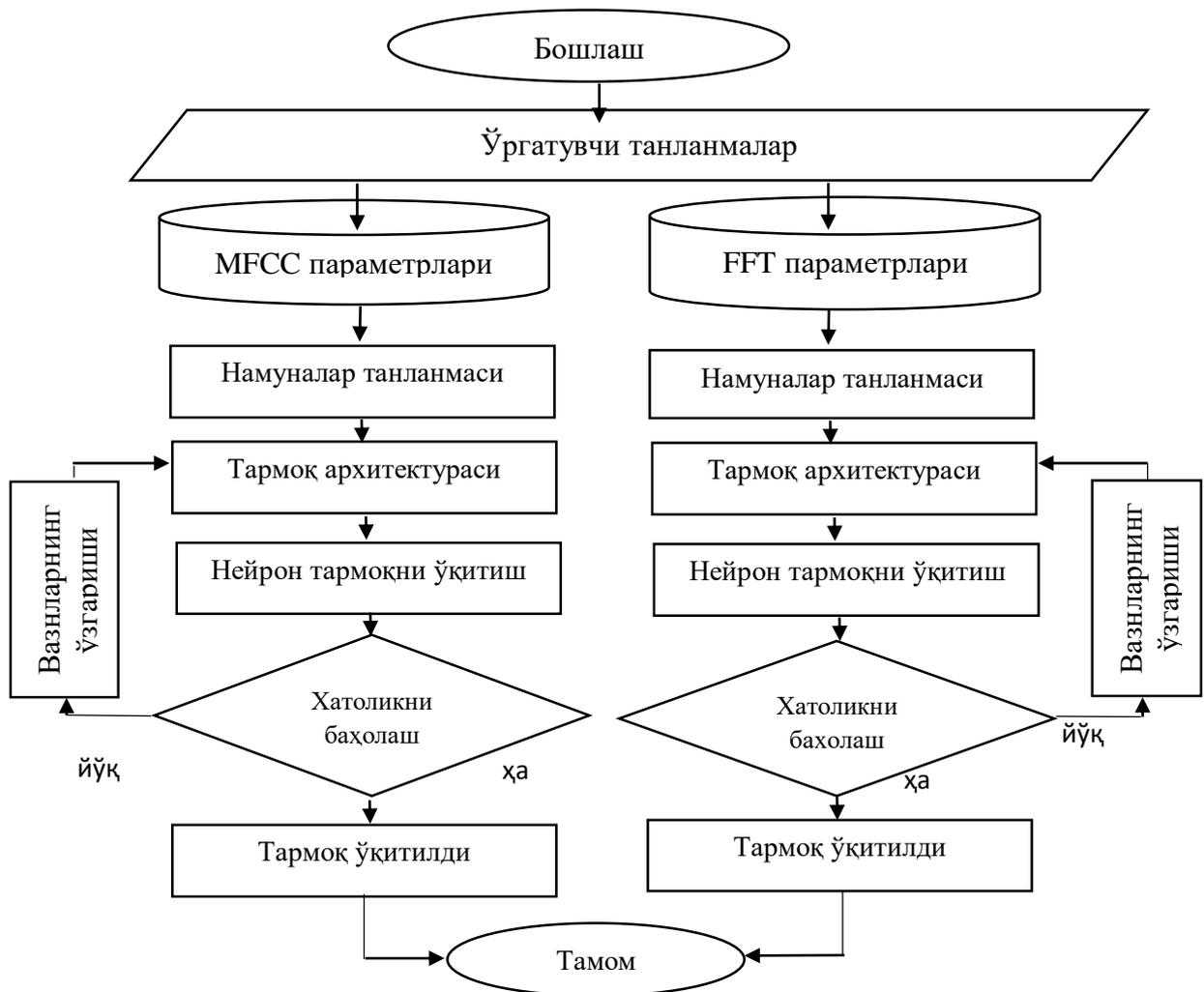
Нутқ сигналининг параметрларига асосланиб, динамик дастурлаш алгоритмлари (5-расм), яширин Марков моделларини (6-расм) ва нейрон тармоқларини интеллектуал алгоритмлари кетма-кетлиги (7,8-расм) структуралари ишлаб чиқилган.



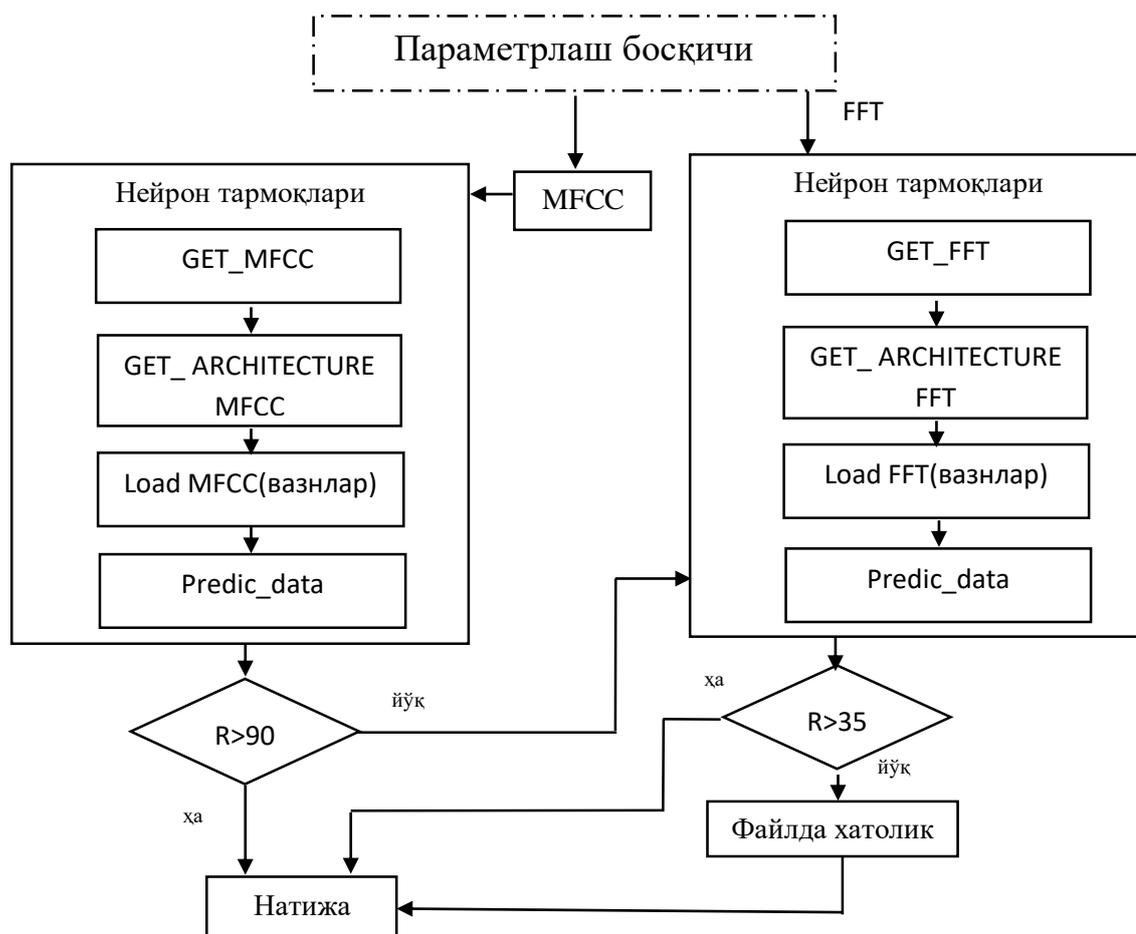
**5-расм. DTW алгоритми асосидаги нутқни таниш алгоритми**



**6-расм. Яширин Марков модели асосида нутқ маълумотларини аниқловчи алгоритми**



**7-расм. Ўргатувчи танланмалар асосида нейрон тармоғини ўқитиш алгоритми**



**8-расм. Нейрон тармоғи асосидаги нутқни таниш алгоритми**

Кўриб чиқилган беш турдаги параметрлар ДТW алгоритмлари, Марков занжирлари ёки нейрон тармоқлари учун кириш маълумотлари танланади. Танлов ишлов беришнинг овоз, бўғин ёки сўзни таҳлил қилиш ёки реабилитация усуллари турига қараб белгиланади. Тадқиқот давомида ушбу интеллектуал алгоритмлардан ёрдамида товушлар, бўғинлар ва сўзларнинг аниқлигини қиёсий таҳлил қилиш амалга оширилган. Ҳар бир сунъий интеллект алгоритмининг аниқлик кўрсаткичлари (фоизларда) 1-жадвалда келтирилган.

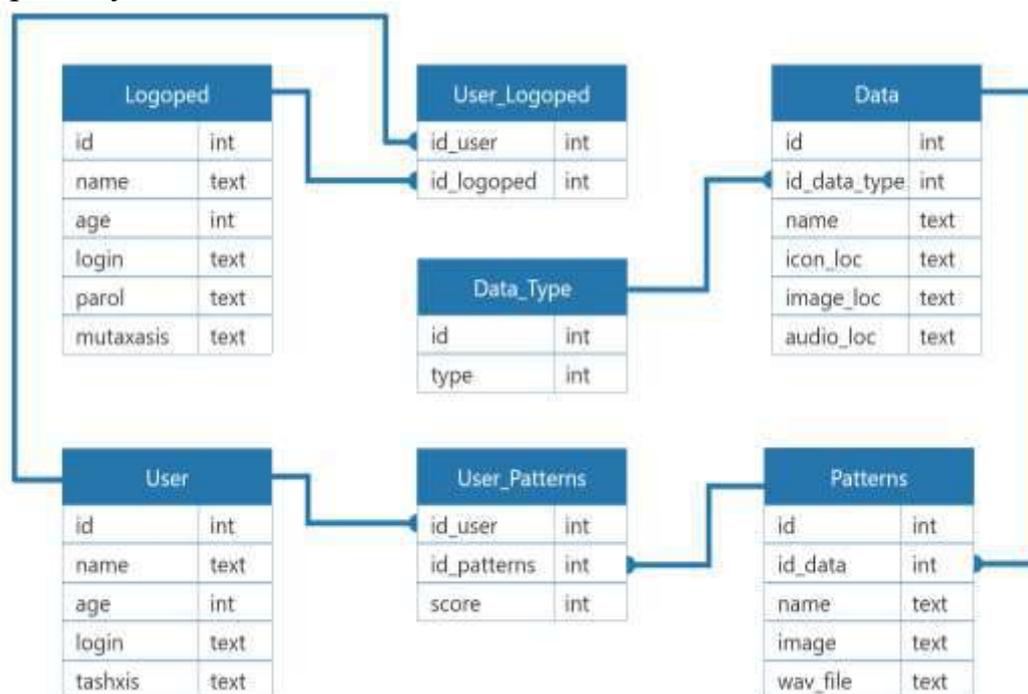
**1-жадвал. Сунъий интеллект алгоритмининг аниқлик кўрсаткичлари**

| №  | Нутқ маълумоти | D T W | Марков занжири | Нейрон тармоғи |
|----|----------------|-------|----------------|----------------|
| 1. | Товуш          | 73    | 77             | 87             |
| 2. | Бўғин          | 74    | 81             | 95             |
| 3. | Сўз            | 82    | 85             | 91             |

Таҳлил натижалари, ўзбек нутқини аниқлашда ишлатиладиган сунъий интеллект алгоритмлари умуман олганда етарли аниқликни кўрсатди.

Тажрибалар давомида ҳар бир товуш, бўғин ёки сўз бола томонидан кўп марта такрорланади, кейин ўртача аниқлик танланади. Энг яхши аниқлик нейрон тармоқлари томонидан кўрсатилди (ўртача 90 % дан кўпроқ), шунинг учун ушбу алгоритм бошқа сунъий интеллект алгоритмларига қараганда самаралидир. Бу ишда кўп қатламли перцептрон шаклидаги нейрон тармоқлари таниб олиш кўрсаткичи юқорилиги билан бошқа алгоритмлардан самарали деб баҳоланди, шунинг учун ушбу алгоритмдан болаларнинг нутқ нуқсонларининг реабилитация фойдаланилган. Нейрон тармоқларини куришда ўқитиш ва тестлаш жараёнига қўйиладиган талаблар ишлаб чиқилган. Шу билан биргаликда, қолган сунъий интеллект алгоритмлари (ДТВ, Марков занжирлари) дастур илованинг бир қисми сифатида ишлайди. Бунинг сабаби, болаларнинг нутқ нуқсонларининг реабилитацияда баъзи ҳолатларида, ушбу алгоритмлар кўпроқ аниқликни таъминлайди.

Кўриб чиқилган барча сунъий интеллект алгоритмларида учун ишлаб чиқилган маълумотлар базалари аудио ва видео маълумотлар, ҳарфлар тасвирлар, рақамлар, чизмалар ва расмлар, диаграммалар, логопед ва фойдаланувчи болалар маълумотлари 9-расмда келтирилган ва билим базаси нейрон тармоқларининг сақланган вазнларини тўплами кўринишидаги структурали тузилишга эга.



**9-расм. Маълумотлар базасининг боғланиш структураси**

Диссертациянинг «Логопедик реабилитация технологияларида яратилган алгоритмлар асосида дастурий мажмуа яратиш» деб номланган тўртинчи бобида нутқ нуқсони мавжуд болаларнинг реабилитация технологияларида фойдаланиладиган дастурий мажмуанинг структураси ва фойдаланувчи интерфейси тавсифланган. Дастурий мажмуа учта

компонентли модуллардан фойдаланган ҳолда мультимедиа интерфейсларини камраб олади:

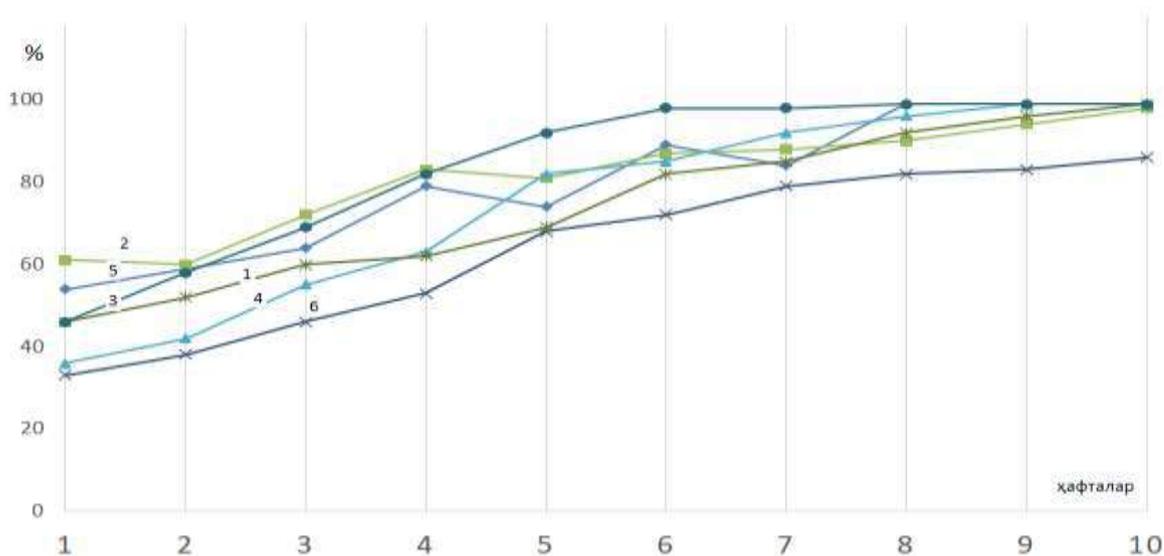
1. Нутқ товушларини таниш модули;
2. Нутқ бўғинларини таниш модули;
3. Нутқ сўзларини таниш модули.

Дастурий мажмуа ёрдамида нутқида нуқсони бўлган болалар учун маълумотлар ва билим базалари тузилмаси яратилди. Бобда нутқида турли хил нуқсонли болаларни реабилитациялашнинг бошланғич даврида дастурий мажмуасини қўллаш бўйича материаллар келтирилган.

Дастлабки босқичда логопедлар мажмуадан фойдаланган нутқида нуқсони бўлган болаларни товуш камчилигини аниқлайди. Кўпинча бундай болаларда(дислалия ташхиси) «S», «R», «Sh» ва «Z» синов товушларининг талаффузи бузилганлиги аниқланади. Таҳлил алгоритмлари ёрдамида нутқида нуқсони бўлган болаларда мавжуд бўлган товушларнинг умумий бошланғич, дастлабки белгилари олиниб, нутқ бўйича билимлар базаси (кейинги дарслар жараёнида ўқитиш ва таққослаш)нинг дастлабки стандартлари шакллантирилади.

Машғулотлар давомида ва реабилитация жараёни тугагандан сўнг олинган натижалар дастлабки (маълумотнома) натижалар билан таққосланди. Таҳлил натижалари, реабилитация жараёни бошланишида (синов танлови) дастурий мажмуа ёрдамида олинган кўрсаткичлар ўртача 20-40% оралигида бўлганлигини кўрсатди. Реабилитация тугагандан сўнг, мажмуа ёрдамида олинган талаффуз аниқлиги 95% дан юқори аниқлик берди.

«S» товуши жарангли бўлгани учун талаффуз пайтида тиш ва тилнинг махсус ҳаракатларини талаб қилади. Бола томонидан ушбу ҳаракатни тўғри ташкил этмаслик «S» товушининг талаффузи камчилигига олиб келади. Амалий тажрибалар натижалари шуни кўрсатдики, «S» товушини қайта тиклаш пайтида кунлик ўсиш даражаси 1,5 % ни ташкил этди.



8-расм. “S” товушининг реабилитация графиги

Натижада, болаларда умумий овозни талаффуз этиш даражаси 85 % дан кўпроқни ташкил этди. Тадқиқотлар танланган 10 та боланинг ичидан 6 тасида ушбу товуш камчилиги кузатилган ва тажрибалар шу 6 та болада ўтказилилган.

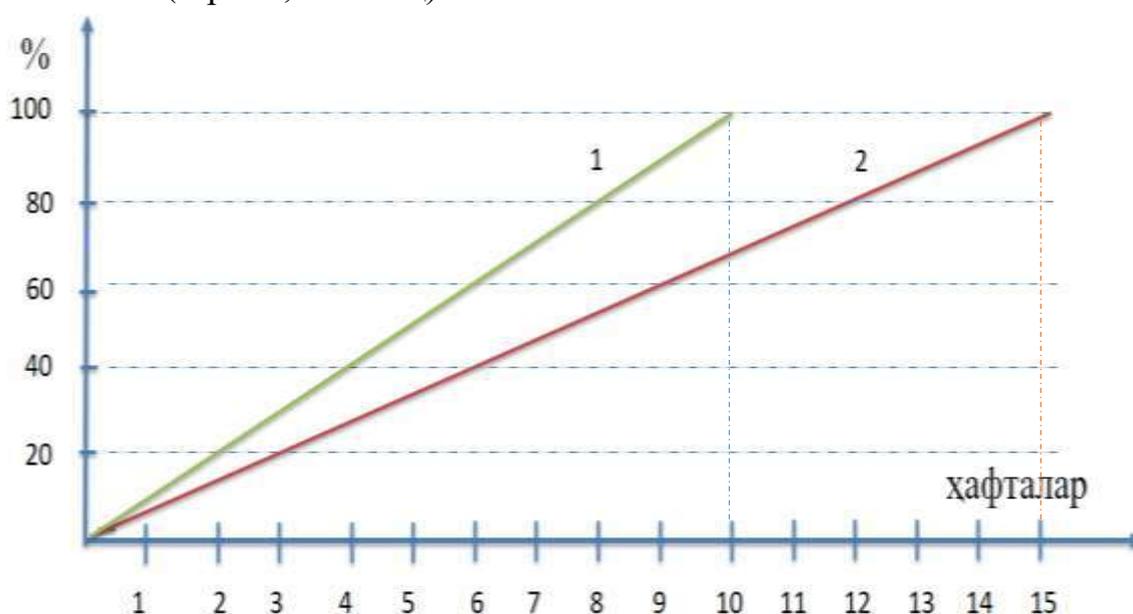
Тажрибалар шуни кўрсатадики, болалар нутқининг ривожлантиришда логопедик машғулотлар ҳафтасига 2-3 марта, энгил ҳолатда (1-3 ой), ўртача (3-6 ой), оғир ҳолатда (6-12 ой) ва ўта оғир ҳолатда 1-2 йил ташкил этилади. Дастурий мажмуадан фойдаланиш, боланинг нутқини ривожлантиришда ҳам ота-оналар ҳам логопед учун қуйидаги самарали иқтисодий кўрсаткичи ечимларни беради:

- мажмуа ёрдамида логопед бир неча бола билан ишлаш имкониятига эга бўлади. Бу ўз навбатида логопеднинг иш унумдорлигини оширади;

- мажмуа ёрдамида ота-оналар болалар билан мустақил равишда логопедик машғулотларни такрорлаш ва бажариш имкониятига эга бўлади. Бу ўз навбатида, болалар учун машғулотларни ўзлаштириш жараёнини оширади. Ота-оналар учун иқтисодий самарадорликни беради;

- мажмуа ёрдамида логопед болаларнинг машғулотлар натижаларини автоматик кўриши натижасида таххислаш ва хулосалаш тезкорлиги оширилади. Бу ўз навбатида, логопедга вақтнинг тежалиши ва қўшимча боллар билан ишлаш имкониятини яратади.

Дастурий мажмуа билан биргаликда олиб борилган реабилитация натижаси максимал 10 ҳафтада юқори самара берди (9-расм, 1-чизиқ). Одатда, логопедик машқлар ва логопедик технологиялар билан бу жараён 15 ҳафтагача давом этган (9-расм, 2-чизиқ).



9-расм. Дастурий мажмуанинг реабилитация самараси

Шундай қилиб, нутқида нуқсонлари бўлган болаларни синаш ва реабилитация қилиш жараёнида компьютер ва дастурий таъминотдан

фойдаланишнинг таъсири аниқ. Бу, ногирон болаларни реабилитация қилиш жараёнида ахборот технологияларидан фойдаланишнинг иқтисодий ва ижтимоий самарасини изоҳлайди.

Диссертация иши дастурий мажмуадан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш кўрсаткичларини тақдим этилган.

Дастур мажмуада нутқ нуқсони мавжуд болларни ва логопедларни рўйхатга олиш дастурларини, шунингдек фойдаланувчилар учун йўриқномалар киритилган.

## ХУЛОСА

Диссертация ишида нутқ сигналларига ишлов бериш моделлари ва усуллари асосида ўзбек тилидаги нутқ сигналларига ишлов бериш алгоритмлари яратилган. Ушбу алгоритмлар асосида яратилган дастурий мажмуа нутқ камчилиги мавжуд болалар учун мультимедиа технологиялари асосида ишлаб чиқилди. Илмий тадқиқот ишининг бажарилишини натижасида қуйидаги илмий натижаларга эришилди.

1. Нутқ сигналларини филтрлаш ва сегментация қилиш алгоритмлари ишлаб чиқилган бўлиб, улар жимлик ҳолатларини олиб ташлаш ва ташқи таъсирлардан келиб чиққан шовқинлардан сигнални тозалаш ва ишлов бериш аниқлигини оширишга имкон беради.
2. Ишлов бериш фреймларининг параметрлари аниқланган, силлиқлаш ва ойнадан ўтказиш алгоритмлари ишлаб чиқилган ҳамда улар асосида сигналларга ишлов бериш алгоритмларининг умумий кетма-кетлиги яратилган.
3. Ўзбек тили нутқнинг хусусиятларини таҳлил қилиш натижасида сигналларнинг параметрик кўриниши, сигналдаги асосий ахборот белгиларини танлаш ва уларни инсон эшитиш тизимига мослаштириш алгоритмлари ишлаб чиқилган. Параметрик идентификациялашда ишлатиладиган бошланғич ва спектрал ишлов бериш алгоритмлари учун иловалар ишлаб чиқилган.
4. Ўзбек тилидаги товушларни, бўғинларни ва сўзларни таниб олиш учун процедуралар, маълумотлар ва билимлар базаси ишлаб чиқилган, юқори аниқлик билан ишловчи сунъий интеллект дастурларининг амалий модуллари ва алгоритмлари яратилган.
5. Ўзбек тилининг нутқ товушлари, бўғинлари ва сўзларини таниш масаласи ечишда, нейрон тармоқлари алгоритмларидан фойдаланиб нутқ нуқсони мавжуд болалар учун қулай интерфейсга эга дастурий мажмуа яратилган.
6. Мажмуадан фойдаланиш талаффузнинг тўғрилигини тезкор тарзда баҳолаш ва ўқув жараёнига ўзгартиришларни киритиш имконини берди.
7. Яратилган дастурий мажмуа логопедлар ва болалар ўртасидаги мулоқот жараёнини осонлаштиради, машғулотлар сонини сезиларли даражада камайтиради ва нутқ нуқсонларини бартараф этиш учун самарали восита ҳисобланади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**БЕРДАНОВ УЛУГБЕК АБДУМУРОДОВИЧ**

**АНАЛИЗ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ УЗБЕКСКОГО ЯЗЫКА,  
АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС**

05.01.04 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,  
комплексов и компьютерных сетей

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2020**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.2.PhD/Т444.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:** Мусаев Мухаммаджон Махмудович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Мўминов Баходир Болтаевич  
доктор технических наук

Авазов Юсуф Шодиевич  
Phd, доцент

**Ведущая организация:** Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится «12» октябры 2020 г. в 16<sup>00</sup> часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.Т.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №Д/161). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «09» октябры 2020 года,  
(протокол рассылки № 15 от «18» октябры 2020 г.).



  
Р.Х.Хамдамов  
Председатель научного совета по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

  
Ф.М.Нураллиев  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, доцент.

  
М.А.Рахматуллаев  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

### **Актуальность и востребованность темы диссертации.**

Совершенствование компьютерных технологий стимулировало развитие средств обработки речевых сигналов. Большое внимание было уделено совершенствованию алгоритмов обработки речевых сигналов, которые являются одним из видов цифровой обработки сигналов. В мире ведутся исследования по решению таких проблем, как распознавание речи, синтез и передача речи. В развитых странах, в том числе в России, США, Китае, Японии, Южной Корее, Германии, Франции и других странах, проводятся научные исследования по обработке речевых сигналов на различных языках. В частности, в Узбекистане проводятся теоретические и практические исследования по обработке узбекской речи с использованием современных информационных технологий.

В мировой практике ведется множество научных исследований по разработке программно-аппаратных средств распознавания речи на различных языках, созданию прикладных программных пакетов обработки и передачи речи. В мировых научных центрах проводятся исследования, основанные на моделях искусственного интеллекта с целью создания эффективных алгоритмов для каждого типа языков. В связи с этим разработка математических методов, алгоритмов, баз знаний и баз данных для обработки речевых сигналов на узбекском языке, а также разработка прикладных программ с удобным интерфейсом является важной научной и практической проблемой.

В нашей республике уделяется большое внимание развитию информационных технологий, обеспечению широких слоев информационными услугами, созданию удобных программных средств, повышению эффективности использования программных продуктов. Была утверждена Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы. В стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 - 2021 годах определены такие задачи, как «...радикальное улучшение условий, необходимых для всестороннего интеллектуального, эстетического и физического развития детей, ... внедрение и использование передовых информационных и коммуникационных технологий, внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу и систему управления»<sup>1</sup>. Использование программных средств для ранней диагностики и своевременной реабилитации детей с ограниченными возможностями является одной из актуальных проблем.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5270 от 1 декабря 2017 года «О мерах по кардинальному совершенствованию системы

государственной поддержки лиц с инвалидностью», №УП-5099 от 30 июня 2017 года «О мерах по коренному улучшению условий для развития отрасли информационных технологий в Республике», №УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», №ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий» и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

**Степень изученности проблемы.** Во многих научных центрах США, Германии, Англии, России и Китая проводились научные исследования по созданию моделей, методов и алгоритмов анализа и распознавания речевых сигналов, разработке эффективных систем цифровой обработки. В этом принимали активное участие известные зарубежные ученые Э. Айфичер, Л.Р.Рабинер, К.Н. Дэвис, Р. Биддальф, С.Балашек, К.Нагата, Х. Сакое, И. Патель, Е. Трентин, Ю.Луй, А.Халид, Т.К. Винцюк, А.М.Трахман, Н.Г. Загоруйко, А. А. Карпов И.С. Зайцев, Н.Е.Тимофеев, И.С. Кипяткова, А.А. Борискевич, В.Н. Сорокин, Б.М.Лобанов, В.М. Величко, которые создали эффективные модели и алгоритмы, широко используемые учеными при обработке речевых сигналов..

Среди узбекских ученых значительный вклад в разработку алгоритмов, создание баз данных и знаний в задачах анализа и обработки сигналов, в создание технологий речевой реабилитации внесли Ф. Б. Абуталиев, Т.Ф.Бекмуратов, М. М. Мусаев, Х. Н. Зайниддинов, У. Р. Хамдамов, Л. Р. Муминова, Ш. Т. Каримова и другие ученые.

Результаты анализа систем обработки речевых сигналов показывают, что математические методы, алгоритмы, базы данных и знаний, программные пакеты, основанные на интеллектуальных алгоритмах принятия решений, анализа дефектов речи у детей, вливания звуков речи и устранения распространенных дефектов речи изучены недостаточно.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий в рамках проектов: №А5-026 «Анализ аппаратных платформ многоядерных вычислений и развитие технологий поточной обработки для мультимедийных систем» (2012-2014), №А-5-015 «Создание параллельных методов, алгоритмов и программ анализа речевых сигналов на базе спектральных преобразований» (2014-2017),

№БЕОА-5-005 «Анализ систем распознавания человеческой речи и создание аппаратно-программных средств обработки речевых сигналов» (2016-2018), ЁБВ-Атех-2018-134 «Анализ алгоритмов распознавания речи на цифровых сигнальных процессорах и разработка программного обеспечения» (2017-2019) ва 24/19-Ф «Мактабгача ва мактаб ёшидаги болалардаги нутқ нуқсонларини реабилитациясида компьютер дастурларини ишлаб чиқиш» (2019).

**Целью исследования** является создание алгоритмов анализа и распознавания речевых сигналов узбекского языка на основе интеллектуальных методов обработки и создание пакета программ для технологий логопедической реабилитации.

**Задачи исследования:**

анализ и изучение возможностей аппаратных и программных средств обработки речевых сигналов;

анализ моделей и методов, используемых при обработке речевых сигналов, создание алгоритмов обработки узбекской речи на их основе;

создание базы данных и базы знаний, необходимых для выявления дефектов речи у детей и разработки технологий реабилитации;

создание пользовательского программного комплекса и удобного интерфейса для логопедов.

**Объектом исследования** являются технологии реабилитации, речевые сигналы на основе логопедических звуков, слогов и слов, используемых в развитии детской речи.

**Предметом исследования** являются модели, методы и алгоритмы анализа и распознавания речевых сигналов узбекского языка.

**Методы исследования** В процессе исследования применены системный анализ, численные методы, спектральный анализ, кепстральный анализ, интеллектуальные алгоритмы и алгоритмы принятия решений.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

на основе анализа моделей и методов обработки речевых сигналов разработаны алгоритмы интеллектуальной обработки с учетом спектральных параметров, соответствующих узбекскому языку;

разработана последовательность алгоритмов обработки речи узбекского языка и созданы программы на основе преобразование Фурье и кепстральных параметров речевого сигнала;

разработана база знаний и мультимедийная база данных с учетом веса нейронных сетей в распознавании звуков речи, слогов и слов в узбекском языке;

создан программный комплекс с удобным интерфейсом с учетом логопедических технологий коррекции дефектов речи при обработке узбекских речевых сигналов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

на основе логопедических технологий реализован процесс выявления и реабилитации дефектов речи у детей и разработана компьютерная технология реабилитации;

на базе технологий реабилитаций Республиканского центра социальной адаптации детей разработан программный комплекс и пользовательский интерфейс для выявления дефектов речи у детей и их реабилитации на основе логопедических экспериментов. Созданные модули комплекса программ логически интегрированы и работают как единое приложение;

эффективность программного комплекса в преодолении дефектов у детей с нарушениями речи была определена на основе практического опыта.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования объясняется окончательными выводами, основанными на доказательстве достоверности результатов экспериментов, проведенных с использованием пользовательского программного комплекса при выявлении и реабилитации дефектов речи у детей.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке структуры параметрического представления сигналов, создании интеллектуальных алгоритмов для распознавания гласных, согласных, слогов и слов при обработке речевых сигналов детей с нарушениями речи.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что созданные алгоритмы легли в основу разработки соответствующего программного комплекса, используемого для компьютерной технологии устранения дефектов речи у детей с речевыми нарушениями.

**Внедрение результатов исследования.** Алгоритмы, разработанные в результате исследования, и программный комплекс внедрены в следующих организациях.

В ООО «LOGOS MARKAZ» для устранения дефектов речи у детей с дефектами речи внедрен программный комплекс, разработанный на основе алгоритмов распознавания звуков, слогов и слов при реабилитации недостатков речи навыков детей с дефектами речи (справка Министерства информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 17 июля 2020 г. 33-8/4095). В результате разработанный на основе предложенных алгоритмов программный комплекс позволил сократить время логопедической реабилитации у детей с дефектами речи на 10-15%;

Программный комплекс с удобным интерфейсом для распознавания речи у детей с дефектами речи внедрен в Республиканском центре социальной адаптации детей (справка Министерства информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 17 июля 2020 г. 33-8/4095). В результате программный комплекс облегчает процесс общения логопеда с детьми, сокращая количество занятий с детским логопедом. Было показано,

что он очень эффективен в сокращении времени речи и овладении звуками речи при преодолении дефектов речи у детей.

**Апробация результатов исследования.** Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 5 международных и 2 республиканских конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Основные результаты исследования опубликованы в 23 научных работах, из которых 8 опубликованы в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 5 в зарубежных и 3 в республиканских журналах, а также получены 8 свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации включает введение, четыре главы, общие выводы, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

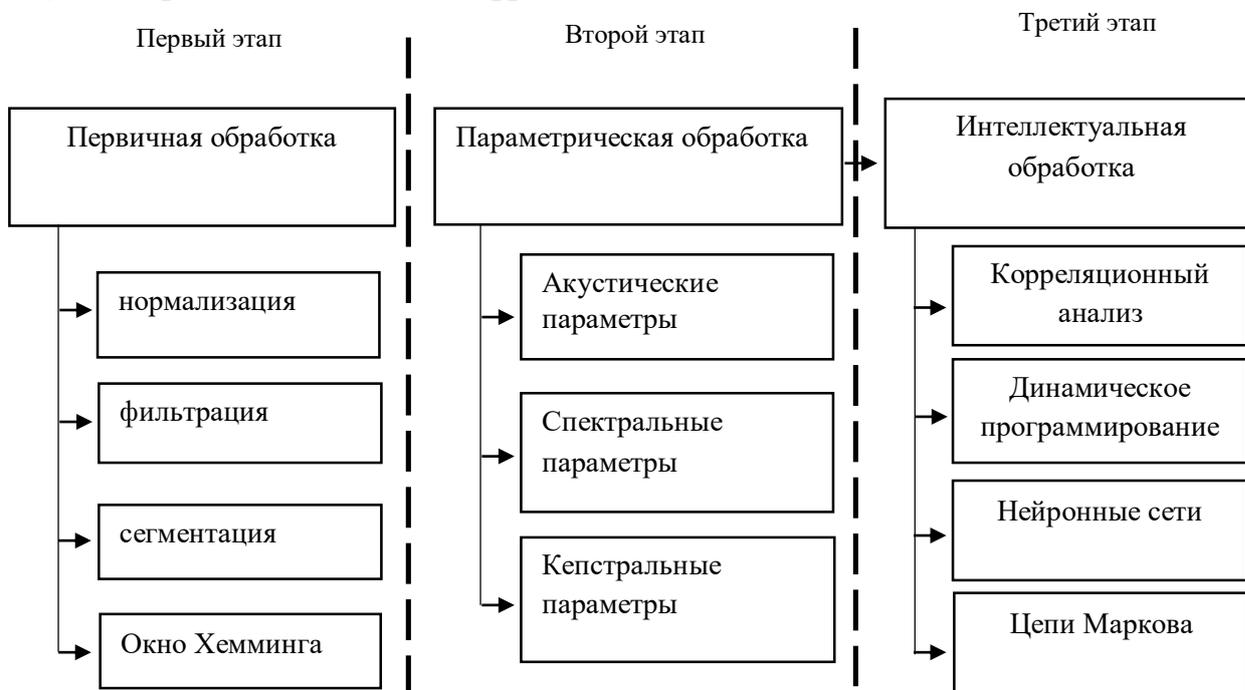
Во **введении** обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, обосновано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цель и задачи, а также определены объект и предмет исследования, научная и практическая значимость результатов исследования, приводится информация о внедрении результатов на практике, об опубликованных работах, а также о структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ современных алгоритмов распознавания речевых сигналов**» анализируется структура речевого сигнала, проблемы обработки, известные алгоритмы обработки и существующие программные пакеты, обрабатывающие речевые сигналы, представлены процедуры обработки, описана возможность их реализации в три этапа. Общая групповая структура алгоритмов этих этапов представлена на рисунке 1. Исследована возможность решения задачи распознавания звуков, слогов и слов речи с помощью такой структуры. Сначала реализуется первичная обработка фонограммы записи речевого сигнала во временной области. Затем реализуется перевод сигнала в параметрическое представление, которое служит основой последующих алгоритмов интеллектуальной обработки на третьем этапе. На каждом этапе существует несколько алгоритмов обработки речевого сигнала, которые выбираются в зависимости от общей постановки задачи. Были проанализированы возможности использования алгоритмов этих этапов в процессе обработки речевых сигналов детей.

Вторая глава диссертации «**Создание последовательности методов и алгоритмов параметрической обработки речевых сигналов**» определены алгоритмы каждого этапа цифровой обработки речевых сигналов. На

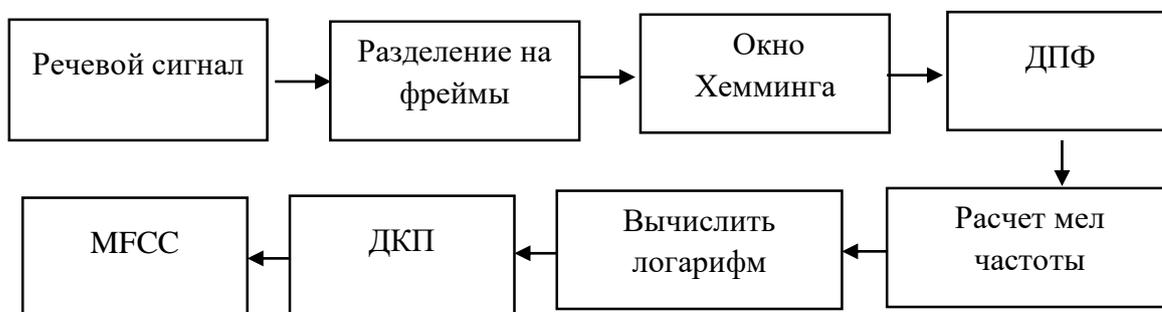
начальном этапе обработки был разработан алгоритм фильтрации речевого сигнала, который решает следующие проблемы:

- убирает шум, добавленный к речевому сигналу на основе внешних воздействий (добавление другого случайного сигнала к основному сигналу).
- очищает аппаратный сигнал от случайно добавленного аппаратного шума в процессе записи (оцифровки).



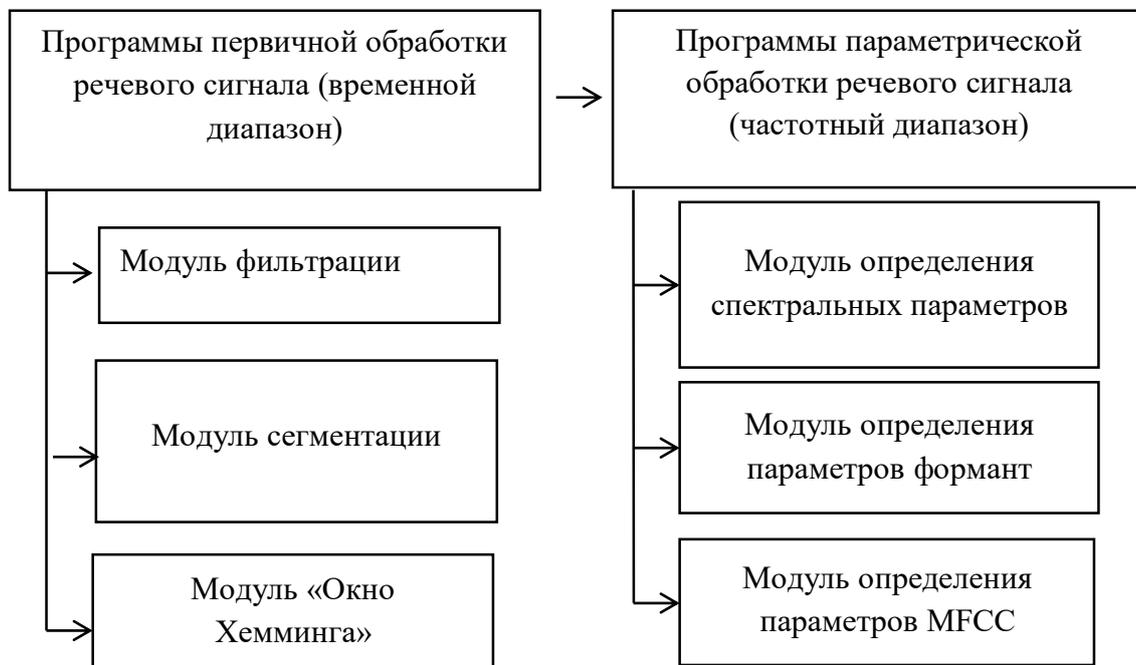
**Рис 1. Этапы обработки речевого сигнала**

Частота шума в речевом сигнале отличается от частоты основного сигнала. Высокие частоты речевого сигнала представляют собой шум в сигнале. Для устранения этих помех следует использовать алгоритмы высокочастотной фильтрации. Следовательно, фильтрация речевых сигналов в основном выполняет функцию сглаживания. На следующем этапе идет алгоритм разделения на фреймы, сглаживание окном Хэмминга, преобразование Фурье (ДПФ), мэл-преобразование, логарифмирование, дискретно-косинусное преобразование (ДКП) и определение значений кэпстра (MFCC).



**Рис 2. Алгоритм получения значений MFCC**

Кроме того, представлены возможности применения алгоритмов принятия решений в процессе распознавания речевых сигналов и математические выражения этих алгоритмов. Основное содержание главы посвящено алгоритмам временной обработки и переводу сигнала в параметрическое представление, а также и созданию их программных модулей.



**Рис 3. Структура программных модулей**

В их состав входит следующий набор программных модулей:

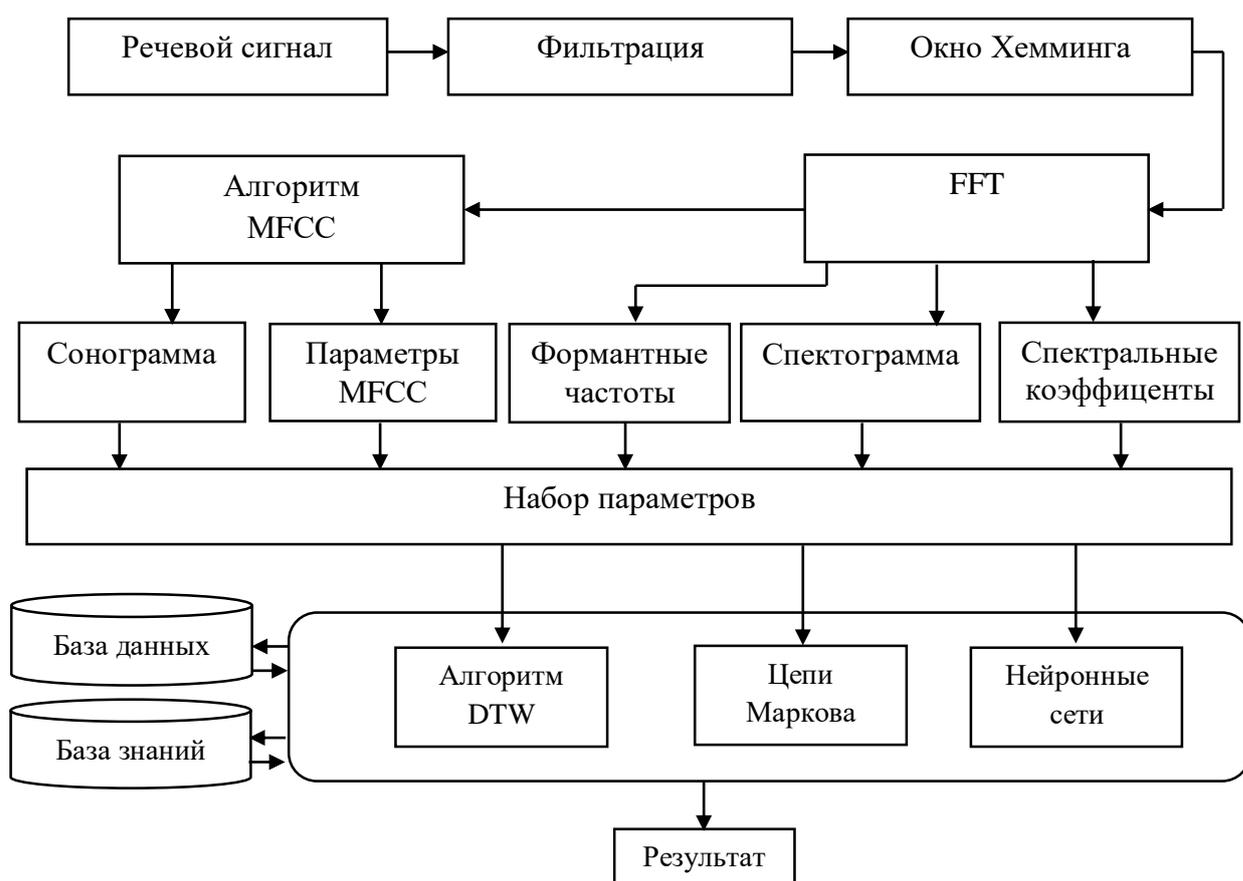
- программы на основе алгоритмов первичной обработки речевых сигналов;
- программы, основанные на алгоритмах параметрической обработки речевых сигналов.

При обработке речевых сигналов в первую очередь используются программы, обрабатывающие речевые сигналы во временной области. Затем программы параметрической обработки определяют наиболее информативные параметры речевого сигнала, которые служат основой алгоритмов интеллектуального анализа речи (рис.3).

**В третьей главе диссертации «Применение алгоритмов искусственного интеллекта при распознавании звуков, слогов и слов узбекского языка» рассмотрены разработанные алгоритмы распознавания речи на основе предварительного параметрического представления (рис.4).**

Такая структура, включающая алгоритмы предварительной подготовки, параметрического представления и выделения разнообразных наиболее информативных признаков в виде набора параметров - сонограмм, спектрограмм и формантных частот - позволяет принимать решения в результате использования алгоритмов искусственного интеллекта при

распознавании разнообразных форм речевых сигналов: звуков, слогов и слов. В результате экспериментов был выбран состав информативных параметров узбекских речевых сигналов на основе алгоритмов спектрального и кепстрального анализа. Выбор необходимых параметров из этого набора позволяет создать гибкую структуру обработки, в которой в качестве интеллектуальных алгоритмов распознавания могут применяться алгоритмы динамического программирования (DTW), скрытых марковских моделей и нейронных сетей.

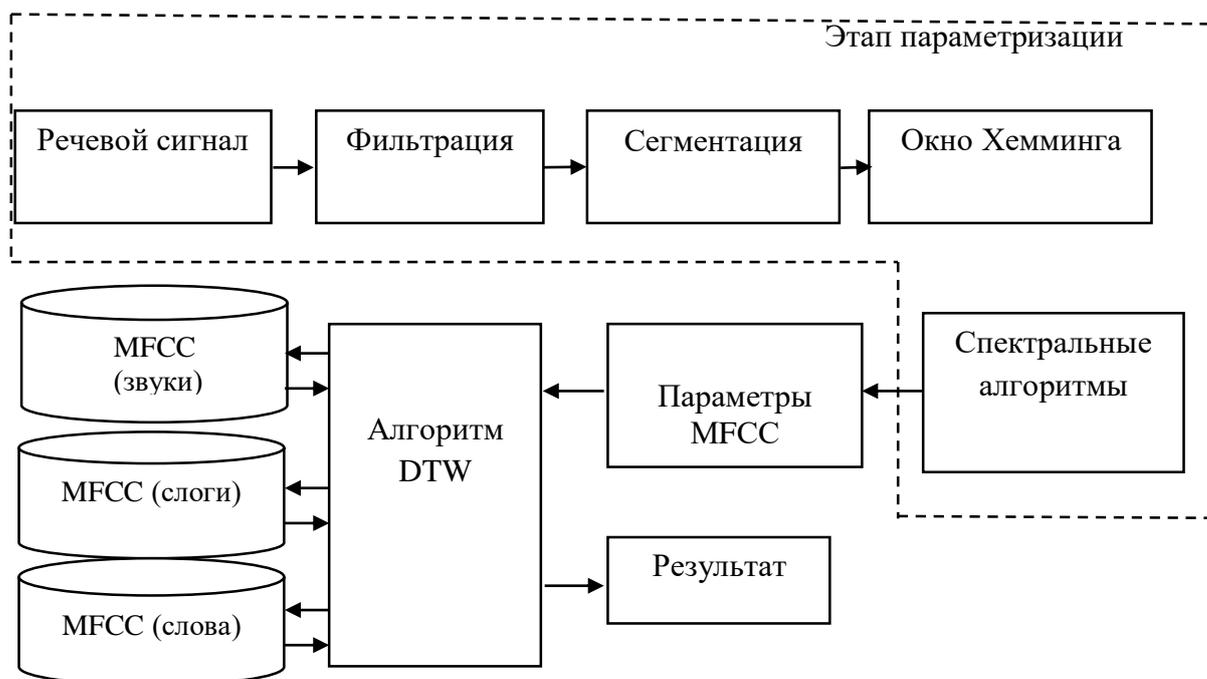


**Рис 4. Общая структура обработки речи узбекского языка**

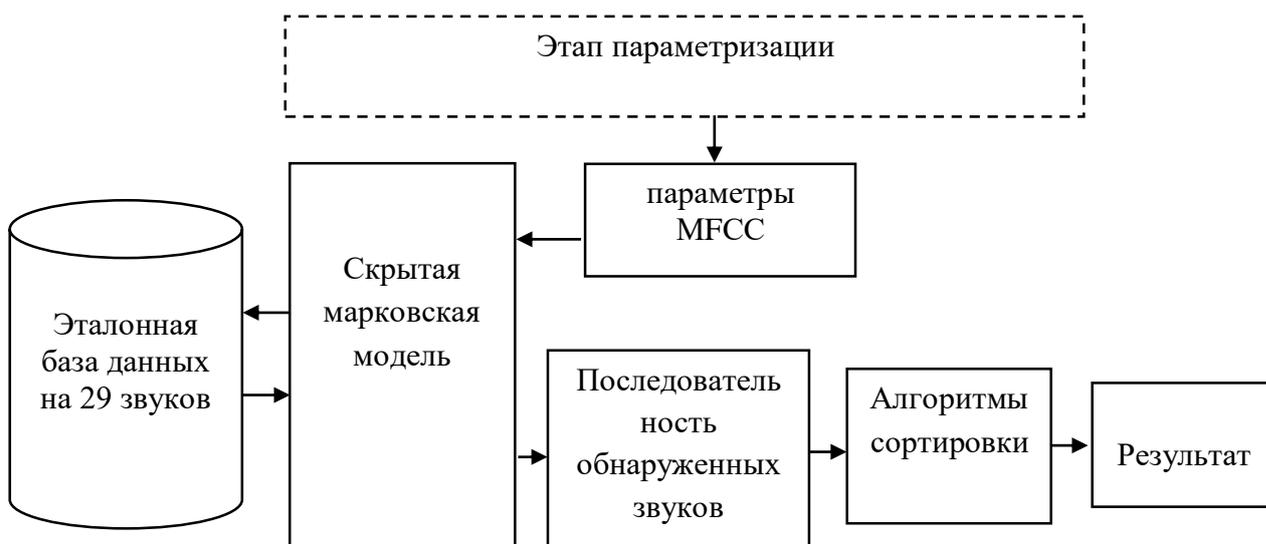
Параметры сигналов подбираются исходя из решаемой задачи, где используются возможности алгоритмов принятия решений. Задачей может быть распознавание звуков (гласных, согласных), слогов или целых слов в режимах тестирования или реабилитации детей с нарушениями речи.

При распознавании узбекской речи в первую очередь записанный речевой сигнал подвергается предварительной обработке – фильтрация, сглаживание и сегментация. Сегментация выполняет функцию разделения речевого сигнала на кадры, после чего реализуется выделение параметров каждого кадра. Эта процедура реализуется с помощью дискретного преобразования Фурье. По результатам спектрального анализа формируется набор параметров в виде спектральных коэффициентов, двумерных спектрограмм или набора формантных частот спектра. Сам спектр, четыре

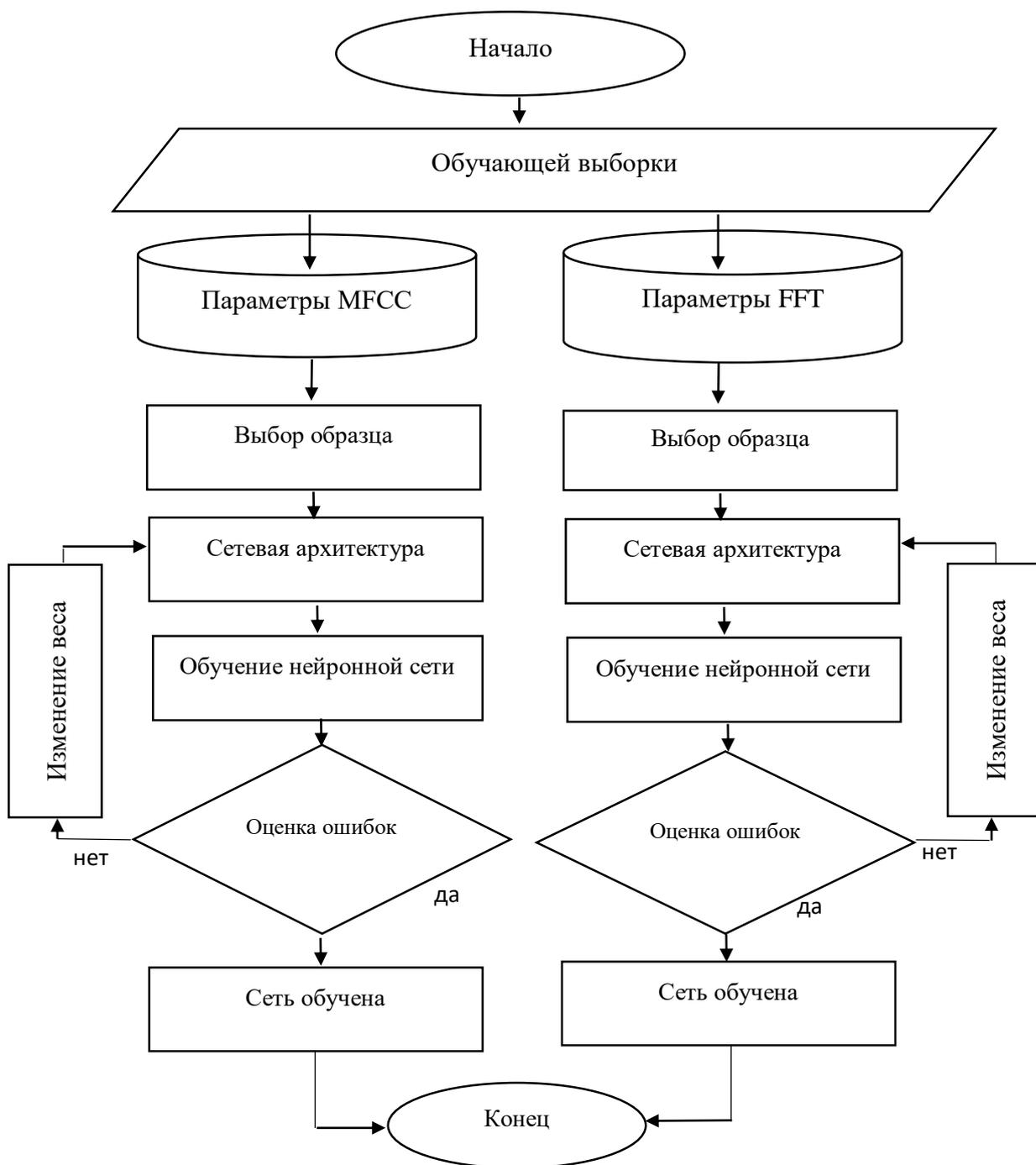
значения формантных частот и спектрограммы речевого сигнала могут быть использованы на следующем этапе обработки в качестве параметров сигнала. Также спектральные коэффициенты после мэл-преобразования (MFCC) могут образовать сонограмму или выборку информативных признаков сонограммы. На основе параметров речевого сигнала были разработаны структуры последовательности алгоритмов динамического программирования (рис. 5), скрытых марковских моделей (рис. 6) и интеллектуальных алгоритмов нейронных сетей (рис. 7 и 8).



**Рис 5. Алгоритм распознавания речи на основе алгоритма DTW**

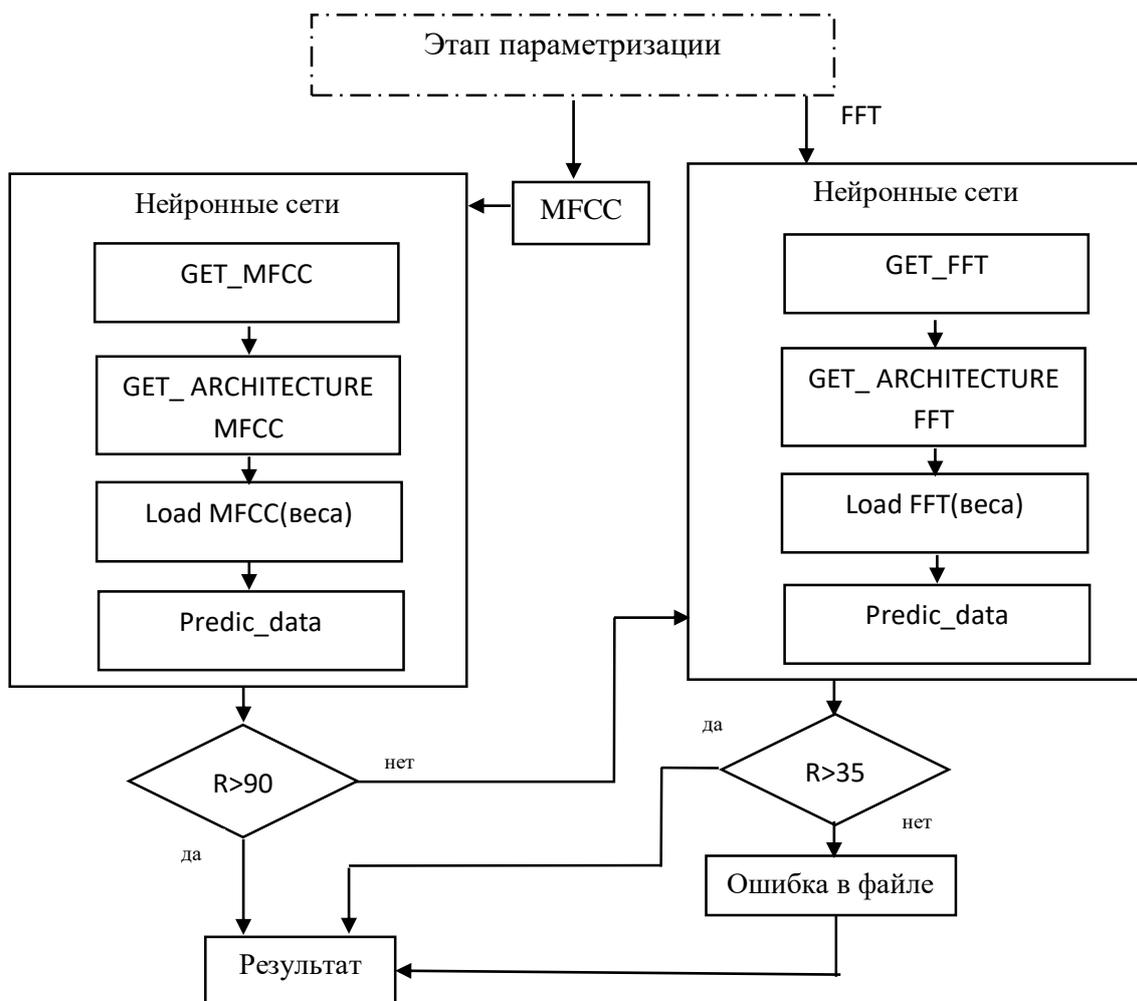


**Рис 6. Алгоритм обнаружения речевых данных на основе скрытой марковской модели**



**Рис 7. Алгоритм обучения нейронной сети на основе выбора обучения**

Рассмотренные пять типов параметров образуют набор, из которого выбираются входные данные для алгоритмов DTW, цепей Маркова или нейронной сети. Выбор определяется типом обработки: анализом звука, слога или слова или режимами реабилитации. В ходе исследования проведен сравнительный анализ точности распознавания звуков, слогов и слов этими интеллектуальными алгоритмами.



**Рис 8. Алгоритм распознавания речи на основе нейронных сетей**

Показатели точности (в процентах) каждого алгоритма искусственного интеллекта приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Показатели точности алгоритма искусственного интеллекта**

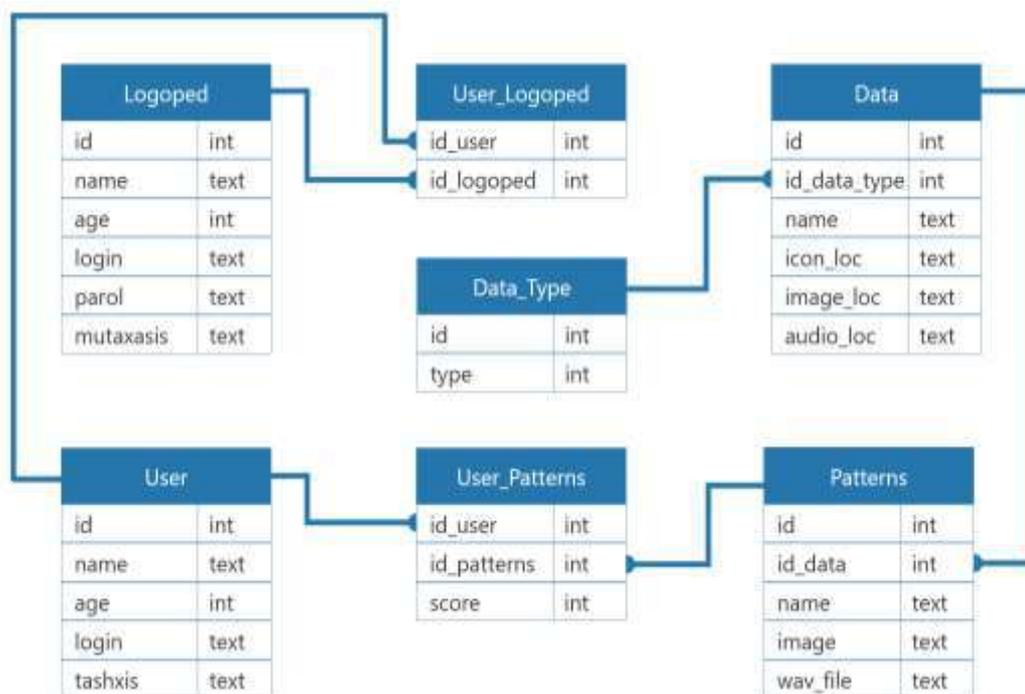
| №  | Речевая информация | D T W | Цепи Маркова | Нейронные сети |
|----|--------------------|-------|--------------|----------------|
| 1. | Звук               | 73    | 77           | 87             |
| 2. | Слог               | 74    | 81           | 95             |
| 3. | Слова              | 82    | 85           | 91             |

Результаты анализа показывают, что алгоритмы искусственного интеллекта, используемые при распознавании узбекской речи, показали, в целом достаточно высокую точность. Во время проведения занятия каждый звук, слог или слово ребенком повторяются много раз, затем выбирается средний показатель точности. Наилучшую точность распознавания показали

нейронные сети (в среднем более 90%), следовательно, этот алгоритм более эффективен, чем другие алгоритмы искусственного интеллекта. Нейронные сети в виде многослойного персептрона составляют основу алгоритмов распознавания в данной работе, поэтому чаще всего использовались в процессе реабилитации детей. Разработаны требования к процессу обучения и тестирования при работе с нейронными сетями.

Другие рассмотренные алгоритмы искусственного интеллекта (DTW, цепи Маркова) также функционируют в составе приложения. Это связано с тем, что в некоторых редких случаях детской патологии эти алгоритмы дают более высокую точность распознавания.

Все рассмотренные алгоритмы искусственного интеллекта используют структурированные по типам задач базы данных: (аудио и видеоданные, изображения букв, цифр, тематические рисунки и картинки, диаграммы, данные логопедов и обучающихся детей) показано рис.9, базы знаний в виде весовых коэффициентов обучения сетей, а также алгоритмы оценки качества произношения.



**Рис.9. Структура соединения базы данных**

В четвертой главе диссертации «Создание программного комплекса на основе алгоритмов, созданных в логопедических реабилитационных технологиях» описывается структура и пользовательский интерфейс программного комплекса, используемого в технологиях реабилитации детей с дефектами речи. Программный комплекс охватывает мультимедийные интерфейсы с использованием трех компонентных модулей:

1. Модуля распознавания звука.
2. Модуля распознавания слогов.

### 3. Модуля распознавания слов.

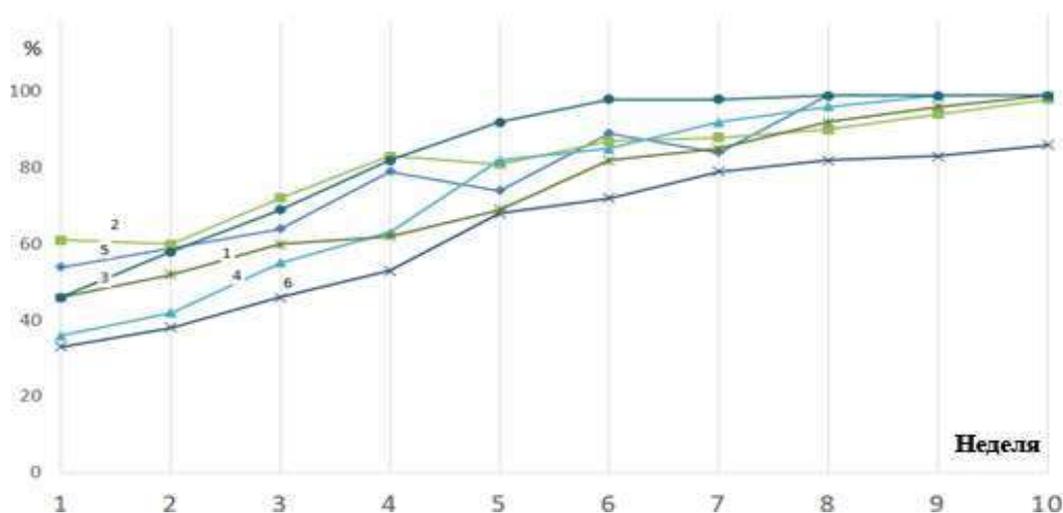
С помощью программного комплекса разрабатывалась структура базы данных и базы знаний для детей с дефектами речи. В главе представлены материалы применения программного комплекса в первоначальном периоде тестирования и отбора детей с различными речевыми отклонениями.

На начальном этапе логопедами выявлены дети с дефектами речи, в частности выявлено нарушение произношения звуков «S», «R», «Sh» и «Z» во время тестирования с помощью программного пакета. С помощью алгоритмов анализа получены общие исходные, первоначальные признаки звуков, присутствующих у детей с дефектами речи и сформированы речевые базы знаний (начальные эталоны обучения и сравнения в процессе проведения последующих занятий).

Результаты, полученные в ходе текущих занятий и после завершения реабилитационного процесса, сравнивали с первоначальными (эталонными). Результаты анализа показывают, что в начале реабилитационного процесса (тестовый отбор) показатели, полученные с помощью программного комплекса, в среднем находились в пределах 20-40%.

После окончания реабилитации индекс определения произношения, полученный с помощью комплекса, дал точность более 95%.

Поскольку звук «S» звучный, он требует особых движений зубов и языка в процессе произношения. Неправильная организация этого движения ребенком приводит к отсутствию произношения звука «S». Результаты практических экспериментов показали, что уровень суточной ассимиляции при реабилитации звука «S» составил 1,5%. В результате общее звукопоглощение у детей составило более 85%. Такие же графики получены для других исследуемых звуков, исследования проведены на 6 детях.



**Рис 5. График реабилитации звука "S"**

Эксперименты показывают, что в развитии детской речи занятия логопедом организуются 2-3 раза в неделю, в легких формах (1-3 месяца), средних (3-6 месяцев), тяжелых (6-12 месяцев) и в тяжелых случаях 1-2 года.

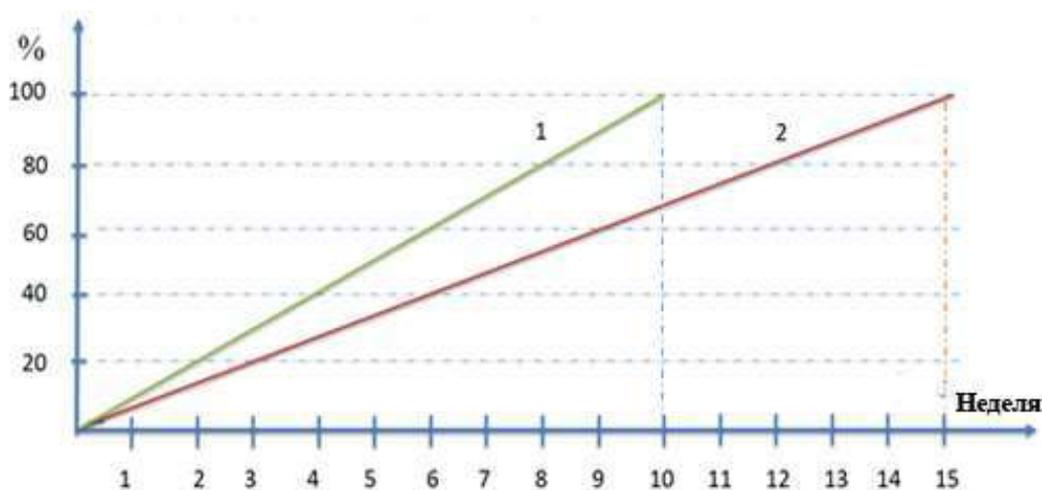
Использование программного пакета обеспечивает решения следующих экономически эффективных показателей как для родителей, так и для логопедов в развитии речи ребенка.

С помощью комплекса логопед сможет работать с несколькими детьми. Это, в свою очередь, увеличивает продуктивность работы логопеда.

С помощью комплекса родители смогут самостоятельно повторять и проводить логопедические занятия с детьми. Это, в свою очередь, увеличивает процесс обучения детей. Обеспечивает рентабельность для родителей;

Скорость диагностики и обобщения увеличена за счет автоматического просмотра результатов обучения логопедами с помощью комплекса. Это, в свою очередь, позволяет логопеду экономить время и работать с дополнительными детьми.

Результаты реабилитации группы из 10 детей с использованием программного пакета дали высокие результаты через 10 недель (линия 1 на рис. 6.). Обычно при использовании логопедических упражнений и логопедических техник без применения компьютерных технологий этот процесс длился до 15 недель (линия 2 на рис. 6.).



**Рис 6. Реабилитационный эффект программного комплекса**

Таким образом, очевиден эффект от применения компьютеров и программного обеспечения в процессе тестирования и реабилитации детей с нарушениями речи. В этом заключен экономический и социальный эффект применения информационных технологий в процесс реабилитации детей с ограниченными возможностями.

В диссертационной работе представлены показатели оценки экономической эффективности использования программного комплекса.

В программный пакет включены программы регистрации пациентов и логопедов, а также инструкции для пользователей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основе моделей и методов обработки речи созданы алгоритмы обработки речевых сигналов для узбекского языка. Программный комплекс, созданный на основе этих алгоритмов, разработан на основе мультимедийных технологий специально для детей с дефектами речи. В результате исследовательской работы были получены следующие научные результаты.

1. Разработаны алгоритмы фильтрации и сегментации речевых сигналов, позволяющие убрать паузы, очистить сигнал от шума, вызванного внешними воздействиями, и повысить точность обработки.
2. Определены параметры фреймов обработки, разработаны алгоритмы сглаживания и формирования кадров и на их основе создана общая последовательность алгоритмов предварительной обработки сигналов.
3. В результате анализа свойств узбекской речи разработаны алгоритмы параметрического представления сигналов, выделения наиболее информативных признаков в сигнале и адаптации их к человеческому слуху. Разработаны приложения для начальных и спектральных алгоритмов обработки, используемых при параметрической идентификации.
4. Для процедур распознавания звуков, слогов и слов узбекского языка были разработаны базы данных и знаний, созданы алгоритмы и прикладные модули программ искусственного интеллекта с высокой точностью распознавания.
5. Создан программный комплекс с удобным интерфейсом для тестирования и обучения детей с дефектами речи для решения задачи распознавания звуков, слогов и слов узбекского языка.
6. Применение комплекса позволило оперативно оценивать правильность произношения и вносить коррективы в процесс обучения.
7. Созданный программный комплекс облегчает процесс общения логопедов с детьми, значительно сокращает количество занятий, является эффективным инструментом преодоления дефектов речи.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**BERDANOV ULUGBEK ABDUMURODOVICH**

**ANALYSIS OF SPEECH SIGNALS OF THE UZBEK LANGUAGE,  
PROCESSING ALGORITHMS AND SOFTWARE PACKAG**

05.01.04 – Mathematical and software of computers, complexes and computer networks

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
DISSERTATION ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2020**

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.2.PhD/T444.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal (www.ziyonet.uz.)

**Scientific adviser:** **Musaev Muhammadjon Maxmudovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Muminov Baxodir Boltaevich**  
doctor of technical sciences

**Avazov Yusuf Shodievich**  
Phd, docent

**Leading organization:** **Tashkent State Transport University**

The defense will take place “22” October 2020 at 16<sup>00</sup> at the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 0/161). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Ph.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “09” October 2020 y.  
(Dispatching protocol No. 15 on “18” September 2020 y.).



**R.Kh.Khamdamov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

**F.M.Nuraliev**  
Scientific secretary of scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences

**M.A. Rahmatullayev**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is to create algorithms for the analysis and recognition of speech signals of the Uzbek language based on intelligent processing methods and to create a software package for speech therapy rehabilitation technologies.

**The object of the research work** are rehabilitation technologies, speech signals based on speech therapy sounds, syllables and words used in the development of children's speech.

**The scientific novelty of the research work** is as follows:

on the basis of the analysis of models and methods of processing speech signals, algorithms for intelligent processing have been developed taking into account the spectral parameters corresponding to the Uzbek language;

a sequence of algorithms for processing speech of the Uzbek language has been developed and programs have been created based on the Fourier transform and cepstral parameters of the speech signal;

a knowledge base and a multimedia database have been developed taking into account the weight of neural networks in recognizing the sounds of speech, syllables and words in the Uzbek language;

a software package with a convenient interface was created, taking into account speech therapy technologies for correcting speech defects when processing Uzbek speech signals.

**Implementation of the research results.** On the basis of parallel methods developed by the dissertation research, algorithms and created programs have been implemented by the following:

to eliminate speech defects in children with speech impairments, LOGOS MARKAZ LLC has introduced a software package developed on the basis of algorithms for recognizing sounds, syllables and words in the rehabilitation of speech impairments, skills of children with speech impairments (Ministry of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan Reference № 33-8 / 4095 of July 17, 2020). As a result, the software complex developed on the basis of the proposed algorithms made it possible to reduce the time of speech therapy rehabilitation in children with speech defects by 10-15%;

a software package with a convenient interface for speech recognition in children with speech impairments has been introduced at the Republican Center for the Social Adaptation of Children (Ministry of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan Reference № 33-8 / 4095 of July 17, 2020). As a result, the software package facilitates the process of communication between a speech therapist and children, reducing the number of sessions with a child speech therapist. It has been shown to be very effective in reducing speech time and mastering speech sounds while overcoming speech impairments in children.

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙҲАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I част; part I)**

1. Мусаев М.М., Берданов У.А., Рахимов М.Ф. Программный комплекс анализа изображений на многоядерных процессорах // Вестник ТУИТ, №1(33), 2015. -С. 25-31. (05.00.00; №31).
2. Берданов У.А., Рахимов М.Ф. Акустическая обработка речевых сигналов на многоядерных процессорах // Вестник ТУИТ, №2(38), 2016. -С. 32-40. (05.00.00; №31).
3. Берданов У.А. Ўзбек тили нутқини қайта ишлашнинг корреляцион модели таҳлили // ТАТУ хабарлари. №3(43), 2017. -Б.10-18. (05.00.00; №31)
4. Rakhimov M.F., Berdanov U.A. Parallel Processing Capabilities in the Process of Speech Recognition // 2017 International conference on information Science and Communications Technologies. ICISCT, Tashkent, 2017. (05.00.00; 31.10.2017 №243/3-сон раёсат қарори).
5. Берданов У.А. Ўзбек тили сўзларини қайта ишлашда яширин марков моделидан фойдаланиш // ТАТУ хабарлари. №1(45), 2018. -Б. 2-9. (05.00.00; №31).
6. Berdanov U.A., Khujayorov I.Sh., Abdurashidova K.T., Salimova Kh.R., Musadjanova D.A. Using Artificial Intelligence Algorithms for Speech Therapy Systems // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. India, Vol. 9, Issue 12, 2020, pp. 821-825. (№3) Scopus, IF=0.6 -2019.

**II бўлим(II част; part II)**

7. Musaev M.M., Berdanov U.A. The Technology of Parallel Processing on Multicore Processors // International journal of Signal Processing Systems. USA, Vol. 4, №3, 2016, pp. 252-257.
8. Musaev M.M., Berdanov U.A., Shukurov K.E. Hardware and Software Solution Signal Compression Algorithms Based on the Chebyshev Polynomial // International journal Information and Electronics Engineering. South Korea, Vol.4. №5, September, 2014. pp. 380-383.
9. Musaev M.M., Rakhimov M.F., Berdanov U.A., Shukurov K.E. Parallel Algorithms for Acoustic Processing of Speech Signals // IEEE International Conference on Signal and Image Processing. China, 2016. pp. 421-425.
10. Rahmatov F.A., Berdanov U.A., Kardashev M.S. Implementation of spectral transformations on multi-core processors // 2013 International Conference in Asia on internet, (ICI 20013), the next Generation of Mobile, Wireless and Optical Communication Networks With Application to Information and Communication Technologies. Tashkent, 2013. pp. 213-218.

11. Berdanov U.A., Shukurov K.E., Nasimov R.N. Spectral Analysis of Speech Signal on Adsp-Bf561 Signal Processor // International Conference «The society of digital policy&management». South Korea, 2014. pp. 298-300.

12. Musaev M.M., Berdanov U.A. Parallel Speech Signal Processing on Multicore Processors // International Conference on Multimedia Information Technology and Application (MITA-2015). Tashkent, 2015. pp. 483-467.

13. Berdanov U.A. The hidden Markov model of the speech word recognition of the Uzbek languages // Журнал «Современные исследования». Общество с ограниченной ответственностью "Центр научных исследований и консалтинга". Россия, №3(7), 2018. -С. 26-33.

14. Берданов У.А., Очиллов М.М. Нутқ сигналларини танишнинг динамик дастурлашга асосланган ечимлари // Ижтимоий соҳаларни рақамлаштиришда инновацион технологияларнинг ўрни ва ахамияти мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман. Қарши, 2020. -Б. 99-103.

15. Берданов У.А. Логопедик реабилитация технологияларида компьютер дастурларининг қўлланилиши //Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари. Халқаро анжуман илмий ишлар тўплами. Тошкент, 2020. -Б. 578-580.

16. Мусаев М.М., Берданов У.А., Юлдашева Н.А. Анализ элементов речевых сигналов. Электронный Депозитарий AVTOR.UZ. Фундаментальная библиотека Академии наук Республики Узбекистан. Свидетельство о депонировании объектов интеллектуальной собственности. Регистрационный №1807. 24.03.2014.

17. Мусаев М.М., Берданов У.А., Қардашев М.С. Комплекс ускоренного спектрального анализа. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. №DGU 03237. 14.07.2015.

18. Мусаев М.М., Берданов У.А., Рахимов М.Ф., Хўжаматов Х.Қ., Программа фильтрации речевых сигналов. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. №DGU 04021. 11.10.2016.

19. Мусаев М.М., Берданов У.А., Рахимов М.Ф., Шукуров К.Э. Программа определения акустических параметров речевых сигналов // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. №DGU 04020. 11.10.2016.

20. Берданов У.А., Хўжаматов Х.Қ. Программа распознавания гласных и согласных звуков узбекского языка. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган

дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. №DGU 04828. 27.10.2017.

21. Мусаев М.М., Берданов У.А., Рахимов М.Ф., Хўжаматов Х.Қ. Программа анализа и распознавания слов узбекского языка. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. №DGU 05804. 24.10.2018.

22. Мусаев М.М., Муминова Л.Р., Берданов У.А., Хўжаматов Х.Қ., Каримова Ш.Т. Программа ЭВМ для формирования правильного звукопроизношения у детей. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. №DGU 06303. 02.05.2019.

23. Мусаев М.М. Берданов У.А., Абдуллаева М.И., Мусаджанова Д.А. Программа для проверки правильности произношения речи. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳномаси. № DGU 07539. 20.01.2020.

Автореферат «ТАГУ Хабарлари» илмий-техника ва ахборот-таҳлилий  
журнали таҳририяти таҳриридан ўтказилди ва ўзбек, рус тилларидаги  
матнларини мослиги текширилди.