

**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШГОҲИ ДАВЛАТИИ ҲУҚУҚ, БИЗНЕС ВА
СИЁСАТИ ТОҶИКИСТОН**

ВБД: 811.21; 004.9

Бо ҳуқуқи дастнавис



АНВАРЗОДА АКМАЛ АНВАР

**МАСЪАЛАҲОИ ШИНОХТАГИРИИ ФАРМОНҲОИ ОВОЗӢ ВА
ТАТБИҚИ ОНҲО ДАР МОДЕЛИ КОМПЮТЕРӢ**

ДИССЕРТАТСИЯ

барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (PhD) - доктор аз рӯи
ихтисоси 6D070400 – Техникаи ҳисоббарор ва таъминоти барномавӣ
(6D070402 – Мошинҳои ҳисоббарор, комплексҳо ва шабакаҳои компютерӣ)

Роҳбари илмӣ:

доктори илмҳои техникӣ,
дотсент, Худойбердиев Хуршед Атохонович

Хучанд – 2025

МУНДАРИЧА

МУҚАДДИМА	3
ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ	10
БОБИ 1. АСОСҲОИ НАЗАРИЯВИИ АМСИЛАҲО, УСУЛҲО ВА	
АЛГОРИТМҲОИ ШИНОХТИ НУТҚ	17
1.1. Таснифоти низомҳои шинохти нутқ	17
1.2. Таснифоти амсилаҳо ва усулҳои шинохти нутқ	25
1.3. Алгоритми шинохти нутқ дар асоси тағйирёбии динамикии вақт	30
1.4. Алгоритмҳои шинохти нутқ дар асоси шабакаҳои нейронӣ	40
Хулосаи боби якум	50
БОБИ 2. ТАРҲРЕЗИИ АМСИЛАҲО ВА УСУЛҲОИ ШИНОХТИ НУТҚ....	53
2.1. Амсилаи математикии симои рақамии нутқ	53
2.2. Усулҳои таҳлили хусусиятҳои воҳидҳои овозӣ	62
2.3. Усулҳои сохторбандӣ ва шинохти чараёни нутқ	72
2.4. Усулҳои омӯзиши акустикӣ дар амсилаи TajNN-SAT	84
Хулосаи боби дуюм	91
БОБИ 3. МАҶМӯИ БАҶНОМАҲОИ КОМПЮТЕРИИ ТАҶИК-AVCR.....	94
3.1. Амсилаи математикии равандҳои корӣ	94
3.2. Сохтори мантикии низоми шинохтагирии нутқ	104
3.3. Истифодаи амалии низоми шинохтагирии фармонҳои овоз	115
3.4. Баҳодиҳии самаранокии низоми шинохтагирии нутқ	121
Хулосаи боби сеюм	126
ХУЛОСА ВА ТАВСИЯҲО	129
Рӯйхати адабиёт	131
ЗАМИМАИ А	155
ЗАМИМАИ Б	158

МУҚАДДИМА

Мубрамии мавзуи таҳқиқот. Масъалаи татбиқи технологияҳои инноватсионӣ, яке аз масъалаҳои рушди илму маориф маҳсуб ёфта, дар риштаи илмҳои бунёдӣ, техникӣ ва эксперименталӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон низ ба сафи ҳадафҳои стратегии мамлакат шомил аст.

Дар паёми охирин (28 декабри соли 2024) Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ – Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон оид ба зарурияти рушди информатика ва рақамикунонӣ, ворид намудани технологияи ҳозиразамонро таъкид намуданд [1].

Рушди тафаккури наврасону ҷавонон бевосита ба болоравии фарҳанги иттилоотии замони муосир боис гашта, он зина ба зина ба фазои ягонаи иттилоотӣ наздик мешавад. Дар ҷаҳони муосир тараққиёти илм ва техника бо эволютсияи воситаҳои ҳамкориҳои байни инсон ва мошин алоқаи зич дорад. Дар замони муосир интерфейси гуфтугӯӣ – ҳамкориҳои инсон ва мошин торафт маъмул мегардад. Ин аз он сабаб аст, ки барои инсон маҳз сухан табиитарин воситаи муошират аст. Муҳимтарин ҷузъи интерфейси суҳанронии инсон ва мошин, ки худкор мебошанд, ин шинохти овоз ва нутқ маҳсуб меёбад ва дар ин соҳа вазифаи душвортарин ба ҳисоб меравад. Инкишофи нутқ вазифаи шинохтагирии нутқи гуфтугӯӣ ва услуби нутқест, ки ба шароити набудани шакл ва мундариҷаи пешакии хабари шифохӣ ва иштироки бевоситаи суҳанварон хос аст.

Мафҳуми суҳан шакли табиӣи муоширати инсонист. Ба ҳисоби миёна, одамон дар як дақиқа 150 калима ҳарф зада метавонанд, дар ҳоле ки онҳо ба ҳисоби миёна дар як дақиқа тақрибан 50 калимаро мегӯянд, ки тахминан сеякро ташкил медиҳад. Ин нишон медиҳад, ки инсон метавонад зудтар муошират намояд ва иттилооти бештарро тавассути нутқ нисбат ба матн интиқол диҳад. Ин ҳолат одамонро водор кард, ки мошинҳоеро эҷод карда, нутқи моро дақиқтар шинохта тавонанд ва иртиботи худро бо мо беҳтар

созанд. Чунин мошинҳоро низомҳои гуфтугӯи шифохӣ меноманд ва онҳо барои муошират бо одамон пешбинӣ шудаанд.

Барои тавсифи ин мошинҳо истилоҳҳои дигар, аз қабili низомҳои фармони овозӣ ва зеҳни сунӣ низ пешниҳод шудаанд, аммо дар масъалаи мазкур истилоҳи "низомҳои муколамаи шифохӣ"-ро истифода карда мешаванд. Гузашта аз ин, истилоҳи дигари маъмуле, ки ҳангоми паҳн шудани чунин мошинҳо пайдо шудааст, шинохтагии овоз ва нутқи худкор буда, ба раванди табдил додани сигнали нутқ ба матни мувофиқ тааллуқ дорад.

Ширкатҳои соҳаи технологияи иттилоотӣ аҳамияти нутқро дар суҳбат дарк мекунанд ва мехоҳанд сифати муоширатро бо муштариёни худ беҳтар намоянд. Бо вуҷуди ин, дар тӯли таърихи 30-солаи низомҳои муколамаи шифохӣ, дақиқии шинохтагии нутқ ба қадри кофӣ баланд набуд, то ки ба сифати алтернативии инсонӣ эътимод дошта бошад. Аз ин рӯ, истифодаи низомҳои гуфтугӯи шифохӣ дар маркази таваҷҷӯҳи ширкатҳо қарор надоштаанд, то ки ба онҳо сармоягузорӣ кунанд.

Аҳамияти мавзӯи таҳқиқотии мазкур, ки дар замони пешрафти технологияи инноватсионии муосир мавқеи хосро дорад, дар сатҳи конференсияи байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ донишгоҳӣ мавриди ҷорӣ намудани низомҳои худкори шинохтагии нутқ қарор дода шудааст.

Аз ин рӯ, тавассути технологияҳои инноватсионии барномарезӣ инъикос намудани раванди таҳия, таҳқиқ ва таҳлили низомҳои барномавии автоматикунонидашудаи шинохтагии нутқ аз мубрам будани мавзӯи таҳқиқотии диссертатсионӣ шаҳодат медиҳад.

Дарачаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ. Танҳо дар даҳсолаи охири ибтидои асри XX, баъзе ташаббусҳо вобаста ба меъёрҳои дурустии қобили қабул дар масъалаи шинохтагии овоз ва нутқ ноил шуданд ва бори дигар таваҷҷӯхро бештар ба шинохтагии нутқ ҷалб карданд.

Таърихи низомҳои шинохти фармони овозиро метавон ба се насл тақсим кард:

1. Дар асоси қоидаҳо ё намунаҳои аломатҳо (то охири солҳои 90-ум).

2. Дар асоси омӯзиши оморӣ (аз солҳои 90-ум то соли 2014).

3. Дар асоси омӯзиши амиқ (аз соли 2014).

Роҷеъ ба кори низоми иттилоотӣ ва технологияи коркарди шинохтагирии овоз ва нутқ, мо кӯшиш намудем, ки дар сохтани пойгоҳи додаҳо чӣ аз тарафи олимони ватанӣ, чӣ хориҷӣ ва чӣ муҳаққиқони соҳа ҳар маводе ё таҳқиқоти арзишманде анҷом дода шуда бошад, омӯзем, таҳлил ва таҳқиқ намоем ва аз ғояҳои онҳо истифода намоем.

Сатҳи азхудшудаи мавзӯи диссертатсионии мазкур асосан ба таҳқиқоти олимони хориҷи наздик ва дур алоқаманд буда, дастовардҳои илмӣ онҳо дар ҷодаи коркарди системаҳои иттилоотӣ асоси методологияи таҳқиқотро ташкил додаанд, аз ҷумла, таҳқиқоти Дмитрий Богданов, Кенхен Чо, Йошуа Бенгио, Ян Хоровский, Дмитрий Сердюк, Филимон Бракель, Жанет М. Бейкер, Ли Дэн, Джеймс Гласс, Санджив Худанпур, Уильям Чан, Навдип Джейтли, Чжифэн Чен, Анджули Каннан, Ярин Гал, Зубин Гахрамани, Феликс Герс, Юрген Шмидхубер, Фред Камминс, Виталий Липчинский, Раджат Райна, Ананд Мадхаван, Эндрю Янг, Карл Уилмер Шольц, Джеймс С. Ирвин, Юнхуэй Ву, Майк Шустер, Чжифэн Чен, Alex Graves, Santiago Fernández, Faustino Gomez, Jürgen Schmidhuber ва дигарон.

Коркарди амсилаҳо, усулҳо ва алгоритмҳо барои шинохти воҳидҳои овозӣ ва нутқи сарбаст дар асоси шабакаҳои нейронӣ ва омӯзишимошинӣ таърихи на он қадар зиёд дорад. Дар осори илмӣ як зумра олимони ба монанди Gaikwad S.K., Gawali B.W., Yannawar P.A., Abdel-Hamid O., Johnson E.M., Богустов А.А., Парамонов П.А., Усманов З.Д., Исмоилов М.А. ва Худойбердиев Х.А. воситаҳои асосии зеҳни сунӣ, сохтори корпуси овоз, технологияи коркарди амсилаҳои амалии омӯзиши мошинӣ, ки минбаъд дар низомҳои худкори шинохти нутқ ба забони табиӣ дар асоси шабакаҳои нейронӣ пешниҳод шудаанд.

Дар осори олимони рус Барский А. Б., Богустов А. А., Меденников И.П., Гребнов С. В., Тампель И. Б., Карпов А. А. ва дигарон масъалаи коркарди худкори воҳидҳои овозӣ ва шинохтагирии нутқ натиҷаҳои дақиқ ва саҳеҳ ба

даст оварда шудааст. Натиҷаҳои таҳқиқоти олимони номбаршуда имкониятҳои усулҳои барномарезии динамикӣ, таҳлили нутқи сарбаста пешниҳод гардиданд. Илова бар ин, масъалаи шинохтагирии фармонҳои овозӣ аз қорбар новобаста низ ба роҳ монда шудаанд.

Масалан, дар рисолаи диссертатсионии худ Барский А.Б., қайд менамояд, ки “ба ҳар ҳол пас аз пайдоиши омӯзиши амиқ дар вазифаҳои шинохтагирии нутқ, ширкатҳо низ ба истифодаи чунин система дар соҳаҳои тиҷоратии худ манфиатдор мебошанд. Тавассути истифодаи омӯзиши амиқ, шинохтагирии нутқ ба қадри кофӣ мукамал гардид, ки дар ҳолатҳои истифодаи воқеӣ ва тиҷоратӣ муфид ҳисобида мешавад”.

Дар мавриди таҳқиқоти олимони ватанӣ ва дастовардҳои илмӣ онҳо дар ҷодаи қоркарди системаҳои иттилоотӣ, ки асоси методологияи таҳқиқотро ташкил додаанд, дар мисоли дастпарварони мактаби илмӣ олимони шинохтаи риштаи технологияи информатсионӣ академики АМИТ – Усмонов З.Ҷ., қормандони пешбари илмӣ Донишгоҳи технологии Тоҷикистон – Исмоилов М.А., Зарипов С.А., Исмоилова Р.М., Ғуломсафдаров А.Ғ., қормандони илмӣ Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ – Солиев О.М., Худойбердиев Х.А., Довудов Ғ.М., Қосимов А.А., Ашӯрзода Б.Х. ва дигарон дида метавонем.

Яке аз натиҷаҳои назаррас дар самти шинохти калимаҳои калидӣ дар нутқ бо забони тоҷикӣ аз тарафи Ашӯрзода Б.Х. бо роҳбарии Худойбердиев Х.А. дар таҳияи амсилаи низоми шинохти нутқ бо интиҳоби калимаҳои калидӣ аз нутқи пайваст бо забони тоҷикӣ ба ҳисоб меравад. Дар раванди таҳқиқот низоми шинохти калимаҳои калидӣ дар асоси амсилаҳои ноаёнӣ Марков муайян карда шудааст, инчунин дар ин қори таҳқиқоти аз ҷумла калимаҳои додашударо, ки дар анбори маълумотҳо мебошад дарёфт менамояд.

Бояд қайд кард, ки усулҳо ва афзорҳои дар рисолаи мазкур зикргашта, дар асоси назарияи муосири низоми объектҳои динамикӣ бунёд гаштаанд. Дар рафти иҷрои таҳқиқоти диссертатсионӣ, муаллиф ба принципҳои асосии

таҳияи низомҳои идоракунии амсиласозии компютерӣ таъя намуда, ҳалли алгоритми масъалаи шинохтагирии нутқро ёфтааст.

Таҳқиқоти мазкур бо он ҷолиб аст, ки дар асоси омӯзиши ҳамҷонибаи платформаҳои веб-замимаҳо ва системаҳои мавҷудаи идоракунии барномаҳои компютерӣ таснифоти мукаммали онҳо рӯйи кор омадааст. Чунон ки вақтҳои охир шинохтагирии нутқ ҳамчун қадами аввалин дар низоми иртиботи инсон бо компютер бо қобилият ва арзиши ҷолиби тичоратӣ таваҷҷӯҳи бештарро ба худ ҷалб кардааст.

Бо афзоиши эҳтиёҷот ва беҳбудии иртибот бо муштариён, бисёре аз ширкатҳо бо назардошти сатҳи талаботи амалишавии чунин системаҳо дар кишварҳо, ба монанди ИМА, Россия, Чин, ва ғ. ҳадди ақал бо низоми фармонҳои овозӣ байни худ озмоишҳо барпо намудаанд. Мувофиқи Gartner (ширкати таҳқиқоти дар соҳаи технологияи иттилоотӣ), то соли 2021 15% -и тамоми муоширати муштариён пурра аз ҷониби зеҳни сунъӣ идора карда мешуд.

Вобаста ба масъалаи мазкур таҳқиқоти дигар низ вучуд дорад ва он нишон медиҳад, ки 87% иштирокчиёни самти тичоратӣ боварӣ доранд, ки дар асоси зеҳни сунъӣ гуфтугӯ ба сатҳи баланди қаноатмандӣ дар риштаи тичоратии онҳо оварда мерасонад.

Бо вучуди тамоми кӯшишҳо ва беҳбудихо дар самти шинохтагирии нутқ, дар ҳаҷми зарурӣ ба даст овардани он ҳанӯз душворихо дорад, зеро дар ин самт якҷанд омилҳои таъсиррасон ҷой доранд.

Чунин омилҳо, шинохтан ва пурра дарк кардани нутқи инсон бо воситаи техникаи ҳисоббарорро душвор мегардонанд. Масалан, аз сабаби тағйирпазирии сигнали нутқ, таҳлили нутқи инсон чун сухани давомдор ба ҳисоб меравад, барои мошинҳо кори душвор аст.

Бо вучуди беҳбудихои назаррас дар шинохтагирии овоз ва нутқи тоҷикӣ, беҳбудихо барои забонҳои дигар ҳанӯз заруранд. Муваффақияти шинохтагирии нутқ дар як забон, ба забонҳои дигар паҳн намешавад.

Аз ин рӯ, дар ин таҳқиқот кӯшиши коркарди низоми шинохтагирии овоз ва нутқро истифода шуда, дар яке аз самтҳои тичоратии ширкати молиявӣ ва ё дар раванди таълими муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ амалӣ карда мешавад.

Тибқи натиҷаҳои таҳқиқотӣ муайян гашт, ки шумораи зиёди корбарони компютер аз низомҳои пешрафтаи шинохти нутқ бо забони табиӣ лоиҳаҳои “Langsoft”, “Lexical FreeNet”, “LingSoft”, “MonoConc/ParaConc”, “Mystem”, “netXtract”, “Ngram Statistics Package – NSP”, “Open Office Org”, “Sakrament Text-to-Speech Engine”, “Speech Synthesis and Recognition Laboratory”, “Speech technology”, “ASRaas”, “TTSaaS SaluteSpeech API”, “Sputnik Voice”, “Audiogram”, “SmartNLP”-ро истифода мебаранд. Шумораи зиёди лоиҳаҳо дар шакли бархат (онлайн) ва дар ҳолати имконпазир бидуни тамос (офлайн) истифода карда мешаванд. Низомҳои номбаршуда дар асоси шабакаи нейронӣ ва усулҳои омӯзиши машинӣ коркард ва ба истифода дода шудаанд. Лоиҳаҳои ба монанди “SteosVoice”, “Lovo.ai”, “Zvukogram”, “FreeTTS”, “Robivox”, “PlayHT”, “Deeprgram”, “Murf.ai” дар бозори низомҳои шинохтагирии нутқ барои зиёда аз 40 забонҳои табиӣ васеъ истифода карда мешаванд. Аммо лоиҳаҳои номбар шуда барои шинохти нутқи тоҷикӣ дастгирӣ карда наметавонанд. Дар асоси гуфтаҳои боло мубрамии коркарди лоиҳаи шинохтагирии фармонҳои овозӣ ва нутқ бо забони тоҷикӣ низ зарурияти истифодаи шабакаҳои нейронӣ ва усулҳои омӯзиши машинӣ пеши назар мерасад.

Пеш аз ҳама, яке аз афзалиятҳои асосии истифодаи шинохтагирии нутқ кам кардани захираҳои инсонӣ дар хизматрасонӣ ба муштариён аст, ки дар натиҷаи ин хароҷоти молиявӣ нисбати кормандони соҳа кам мешавад. Илова бар ин, ёвари овозии фардӣ метавонад садоқат ва қаноатмандии муштариёро баланд бардорад.

Таҳқиқоти солҳои охир нишон медиҳанд, ки омӯзиши амиқ дар ширкати ASR муваффақшуда махсуб меёбад. Дар байни сохторҳои шабакавии мавҷудбуда, тавачҷӯҳи ин таҳқиқот ба CNNs, RNNs бештар мебошад ва

чӯзӯҳои муҳимро дар системаҳои омӯзиши амиқ мавриди муҳокима қарор медиҳанд. Ин чӯзӯҳо сохтори амсилави, маҷмӯи таълимии калонҳаҷм, миқёси ҳисоббарорӣ, коркарди пешакии додашудаҳо ва танзими гиперпараметрҳо мебошанд. Инчунин, таъсири ин чӯзӯҳо ба дурустии шинохти нутқ зикр карда мешавад. Аз ҷумла, ин кор тавассути омӯзиши таҷрибавии дақиқи функционалии шабакаҳои нейронӣ дар вазифаҳои шинохти нутқ дастгирӣ карда мешавад. Дар навбати худ, боз ду амсилаи гуногуни шабакаи нейронӣ барои пешгӯии транскрипсияи нутқ аз аудиотаҷрибаҳо гузаронида шудаанд.

Аз нуқтаи назари сатҳи баланд, ҳадафи ниҳии ин таҳқиқот кушодани роҳ ба рушди амсилаи миқёспазир ва амалии шинохти овоз ва нутқ, ки маҳдудиятҳои воқеиро ба инобат мегирад, яъне амсилае, ки ҳам корбарон ва ҳам ширкатҳо метавонанд аз он баҳра баранд.

Солҳои охир дар низоми иттилоотию хизматрасонии коммуникатсионӣ қисми зиёди муҳаққиқон барои коркарди иттилоот аз усулҳои гуногун ва амсилаҳои математикии “вақттаксимкунӣ”-и ба назарияи хизматрасонии оммавӣ асосноккардашуда истифода бурдаанд.

Амсилаи математикӣ-компютерии низоми иттилоотию хизматрасонии пойгоҳи шинохтагирии нутқи тоҷикӣ низ дар асоси қонунҳои назарияи хизматрасонии оммавӣ, тарзи кори шабакаҳои телекоммуникатсионӣ ва принципҳои асосии амсиласозии математикӣ таҳия гашта, ғояи марказии ба муҳити шабакавӣ мутобиқгардонии он аз таҳқиқоти “ЗИАО-ШН”-и олимони давлатҳои аврупо иқтибос гардидааст.

Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ. Натиҷаҳои назариявӣ ва амалии дар таҳқиқот ба даст оварда, ки дар муайян намудани алгоритми дақиқи шинохтагирии фармонҳо дар нутқ бо забони тоҷикӣ талаффуз шуда ва татбиқи он дар низоми босуръати кофӣ барои таҷрибавӣ нигаронидашуда, дар доираи амалисозии “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф” барои солҳои 2020-2040 ва Барномаи “Ҳукумати электронӣ” тарҳрезӣ гаштаанд. Илова бар ин, натиҷаҳои рисолаи диссертатсионӣ барои иҷрои бандҳои

“Барномаи давлатии амалӣ намудани технологияҳои иттилоотӣ-коммуникатсионӣ дар муассисаҳои таҳсилоти умумии Ҷумҳурии Тоҷикистон” барои солҳои 2018-2022, Консепсияи ташаққули Ҳукумати электронӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон "Дар бораи забони Давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон", Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон "Дар бораи иттилоот" ва пешбарии супоришҳо дар нақша-чорабиниҳои дар Стратегияи давлатии "Технологияҳои иттилоотӣ-коммуникатсионӣ барои рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон", Стратегияи рушди инноватсионии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2020, Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030 мувофиқат мекунад, ки муҳраҳои мавзӯи илмиро тасдиқ менамоянд.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот – таҳияи амсилаҳои математикӣ ва компютерӣ, усулҳои коркарди нутқ дар асоси шабакаҳои нейронӣ ва алгоритмҳое, ки барои шинохти худкори нутқи тоҷикӣ истифода карда шуда, ба роҳ мондани муколама бо забони табиӣ дар низомҳои “инсон-мошин” ва маҷмӯи барномаҳои компютерӣ.

Вазифаҳои таҳқиқот:

-омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлили интишороти мавҷуда оид ба технологияҳои сохтани низоми иттилоотӣ ва пойгоҳи додаҳо барои шинохтагирӣ нутқи тоҷикӣ;

-мураттабсозии мақсад ва вазифаҳо, таҳлили ҳолати таҳқиқот ва адабиёти мавҷуда, таҳияи қарорҳои алгоритмӣ ва нармафзор, арзёбии таҷрибавӣ ва самаранокии қарорҳои таҳияшудаи таҳқиқот, санҷиш ва таҳлили натиҷаҳо;

-ба сифати усулҳои таҳқиқот, истифодаи усулҳои коркарди сигналҳои рақамӣ, назарияи эҳтимолият ва амсилаи математикӣ, омӯзиши мошинӣ, лингвистикаи амалӣ ва коркарди таъминоти барномавӣ;

- коркарди амсилаҳои математикӣ ва компютери дастраси умум ба пойгоҳи додасудаҳои архитектураи шинохтагирии овоз ва нутқи тоҷикӣ;

-коркарди алгоритми пайвандсозии гипер матнҳои маҳаллӣ ба сохтори барномавию объектгари амсилаи шинохтагирии нутқ;

-баҳодиҳии сифати кори системаи таҳияшудаи эътирофи шинохти овоз ва нутқи тоҷикӣ, дар асоси хусусиятҳои гуногуни корбарони низоми иттилоотӣ.

Объекти таҳқиқот – низоми автоматикунории иттилоотӣ ва замимаҳои пойгоҳи додаҳои шинохтагирии нутқи тоҷикӣ дар намуди архитектураи “муштарӣ-сервер-муштарӣ”.

Мавзӯи таҳқиқот – усулҳои самараноки коркард, таҳқиқ, таҳлил ва татбиқи системаи барномавӣ-алгоритмӣ ва воситаҳои таъминоти барномавӣ бо эътирофи автоматикунории шинохтагирии овоз ва нутқи тоҷикӣ.

Асосҳои назариявии таҳқиқот. Дар доираи ҳалли масъалаҳои мубрам оид ба технологияҳои коркарди нутқ, алалхусус шинохти худкори нутқ бо забони тоҷикӣ методологияи таҳлили омӯрӣ ва амсилаи пинҳони Марков мавриди истифода қарор дода шудаанд, ки дараҷаи онҳо на он қадар босамар мебошанд. Инчунин дар доираи таҳқиқот корпусҳои нутқи забонҳои русӣ ва форсӣ бо мақсади шинохти худкори нутқи забони тоҷикӣ аз ташхис гузаронида шуданд, ки дараҷа ва эътимоди аз талабот хеле пастро пайдо карданд. Дар таҳқиқот методологияи зеҳни сунъӣ, яъне усулҳои муосири омӯзиши машинӣ ва шабакаҳои нейронӣ барои босифат ва босуръат шинохтагирии фармонҳо дар нутқи бо забони тоҷикӣ талаффузшуда мавриди истифода қарор дода шуданд. Бо мақсади ба даст овардани дараҷаи баланди шинохти нутқ ва эътимоднокии он бори аввал амсилаи шабакаи нейронӣ барои омӯзиши машинӣ бо воҳидҳои овозии бо забони тоҷикӣ талаффуз ва сабтшуда, коркард карда шудааст. Усулҳои омори математикӣ ва назарияи эҳтимолият барои баҳодиҳии самаранокии раванди шинохтагирии фармонҳо дар нутқи бо забони тоҷикӣ талаффуз шуда, истифода шудаанд.

Навгони илмӣ. Дар натиҷаи кори таҳқиқотӣ чунин навгониҳои илмӣ ба даст оварда шуданд:

- бори нахуст дар заминаи пойгоҳҳои додаҳои мавҷуда бо баҳисобгирии хусусиятҳои маҳаллӣ барои шинохтагирии нутқи тоҷикӣ дар шакли як низоми мукаммали таҳқиқотӣ дар асоси амсилаҳои математикӣ ва компютери коркардшуда таҳия гардиданд;

- барои сохтани хусусиятҳои иттилоотӣ, ки аз шабакаи амиқи нейронӣ бо гулӯи танг гирифта шудаанд, бо истифодаи мутобиқшавӣ ба гуфтор ва шароити акустикӣ фарқ мекунад, мавриди коркард қарор дода шудаанд;

- барои баланд бардоштани сифати шинохтагирии нутқи алгоритми ду марҳилаи ибтидоии акустикаи таълимӣ таҳия шуда, дар асоси шабакаҳои амиқи нейронӣ бо назардошти симои рақамии фармонҳои овозӣ дар маҷмӯи омӯзиш қарор дода, пешниҳод карда шуданд;

- сохтори мантикии барномавӣ, равандҳои корӣ ва технологияҳои дастрас барои шинохтагирии фармонҳои овозӣ бо забони тоҷикӣ коркард ва татбиқи онҳо дар модели компютерӣ қарор дода шудаанд;

- бори аввал барои ҳалли масъалаи шинохти нутқи тоҷикӣ дар асоси шабакаҳои нейронӣ дар маҷмӯи барномаҳои компютери Tajik-AVCR бо пешниҳоди амсилаи математикии равандҳои корӣ ва сохтори мантикии низоми шинохтагирии нутқи дар асоси CASE-воситаҳо таҳия карда шуданд.

Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда:

1. Амсилаҳои математикӣ ва компютерӣ, усули сохтани хусусиятҳои иттилоотии нутқи ва симои рақамии он дар асоси шабакаи амиқи нейронӣ муайян карда шуданд.

2. Усулҳои сохторбандии низомии шинохтагирии нутқи забони тоҷикӣ ва омӯзиши машинӣ дар амсилаи TajNN-SAT ташкил ва пешниҳод карда мешавад.

3. Комплекси барномаҳо барои шинохтагирии фармонҳо бо забони тоҷикӣ коркард карда шуд, ки дар равандҳои кори соҳаҳои гуногуни ҷамъият ба монанди таълим, тиб ва сайёҳӣ босамар мавриди истифода қарор доранд.

Аҳамияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот. Аҳамияти назариявии рисолаи мазкур такмил додани алгоритмҳои мавҷуда ва таҳияи алгоритмҳои

нави омӯзиши амсилаҳои акустикӣ дар асоси шабакаҳои амиқи нейронӣ барои мушкилоти шинохтагирии овоз ва нутқ, инчунин таҳия ва ба таври таҷрибавӣ омӯхтани усули нави архитектураи хусусиятҳои иттилоотӣ, ки аз алгоритмҳои истифодашуда бартарӣ дорад, иборат аст. Аҳамияти амалии таҳқиқот дар истифодаи асбобҳои алгоритмӣ ва нармафзори таҳияшуда, ҳангоми сохтани системаи шинохтагирии овоз ва нутқи тоҷикӣ, нишон додани сифат ва суръати ба кадри кифоя баланд, барои истифода дар чунин вазифаҳои амалӣ, дар мисоли нақлкунии автоматии архивҳои фонограмма, ҷустуҷӯи калимаҳои калидӣ дар чараёни нутқ, гурӯҳбандии сабтҳо аз рӯйи мавзӯро таъмин менамояд. Натиҷаҳои асосии дар рисолаи номзадӣ бадастомада амалӣ карда мешаванд: дар барномаи "Системаи шинохтагирии овози забони тоҷикӣ", дар раванди таълими ДДХБСТ, барномаи DEM.tj ҳангоми иҷрои корҳои таълимию методӣ аз тарафи ҳайати профессорону омӯзгорон ва донишҷӯён ва дар раванди таълими Донишкадаи саноат ва хизматрасонӣ.

Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия. Натиҷаҳои назариявӣ ва амалии таҳқиқот мувофиқ мақсад ва вазифаҳои он ба методологияи зеҳни сунъӣ асос ёфтаанд. Дар ин раванд усулҳои муосири таҳлили системавӣ, концепсияи илмӣ ташҳиси компютерӣ ва амсиласозии компютерӣ барои омӯзиши мошинии шабакаҳои нейронӣ бо таҷрибаи шахсии муаллиф асоснок буда, пояи бозэтимод ва мазмуну мундариҷаи диссертатсия, ҳулосаҳо ва тавсияҳои дар он ифодагардидаро ташкил додаанд. Натиҷаи корҳои илмӣ-таҳқиқоти дар озмуни ҷумҳуриявии “Илм – фуруғи маърифат” соли 2024-2025, дар номинатсияи “Зеҳни сунъӣ ва барномасозӣ” миёни ходимони илмӣ, аспирантону докторантон, омӯзгорони муассисаҳои таълимӣ, муҳандисон, конструкторон ва намояндагони касбу кори гуногун муаррифи гардида, сазовори ҷои дуюм гардид. Аз рӯйи натиҷаҳои бадастомада комплекси таъминоти барномавии Tajik-AVCR коркард, такмил ва татбиқ карда шуданд. Натиҷаҳои асосии таҳқиқот аз рӯйи соҳаи илм ва маориф дар Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон ва Донишкадаи саноат ва хизматрасонӣ, аз рӯйи соҳаи тиб дар ҶДММ “Баҳри Шифо” ва ҶДММ “Ал-

Финур”, аз рӯи соҳаи сайёҳӣ дар ҶДММ “Марвел Вита Травел” ва ширкати сайёҳии “Панчистон” дар мавриди истифода қарор дода шудаанд.

Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ. Таҳқиқот дар доираи ихтисоси 6D070400 – Техникаи ҳисоббарор ва таъминоти барномавӣ (6D070402-Мошинҳои ҳисоббарор, комплексҳо ва шабакаҳои компютерӣ):) ба иҷро расонида шудааст. Диссертатсия аз рӯи бандҳои зерини Шаҳодатномаи номгӯи ихтисосҳои коргарони илмӣ анҷом дода шудааст:

банди 2 – *“Таҳлили назариявӣ ва таҷрибавии қори мошинҳои ҳисоббарор, комплексҳо ва шабакаҳои компютерӣ бо мақсади беҳтар намудани хусусиятҳои техникӣ-иқтисодӣ ва амалиётҳои онҳо”* амсилаи компютерӣ ва комплекси барномаҳои компютерии коркардшуда, мувофиқи банди мазкур мебошад, ки он дар асоси хусусиятҳои воситаҳои зеҳни сунъӣ ва шабакаҳои нейронӣ доранд ва барои баҳодихии бозьтимоди усулҳо ва қори комплексҳоро аз санҷиш гузаронад;

банди 3 – *“Таҳияи усулҳо ва алгоритмҳои илмӣ оид ба ташкили коркарди арифметикӣ, мантиқӣ, рамзӣ ва махсуси додаҳо, нигоҳдорӣ ва воридоту содироти иттилоот”* амсилаи компютерии коркардшуда мувофиқи банди мазкур мебошад, ки он барои ташкили коркарди самараноки додаҳои овозӣ имконият фароҳам меорад ва бо мақсади шинохтагирии худкори фармонҳо дар воҳидҳои нутқи бо забони тоҷикӣ талаффузшуда, истифода шавад;

банди 4 – *“Коркарди усулҳо ва алгоритмҳои илмӣ оид ба ташкили коркарди додаҳои параллелӣ ва тақсимишуда, системаҳои ҳисоббарори бисёрпротсессорӣ, бисёрмошинӣ ва махсус”* комплекси таъминоти барномавии коркардшуда, ки дар асоси усулҳо ва алгоритмҳои коркарди додаҳои намудашон махсуси рақамӣ барои шинохтагирии худкори фармонҳо дар нутқи забони тоҷикӣ самаранок истифода шудаанд, шомили бди мазкур мебошад;

Саҳми шахсии довталаби дараҷаи илмӣ дар мустақилона навиштани диссертатсия, иштироки бевосита дар масъалагузориҳои мавзӯ, таҳқиқоти назариявӣ, алгоритмсозӣ, барномарезӣ, амсиласозӣ, баргузориҳои озмоишҳои

компютерӣ, таҳлил ва хулосабарориҳои ҷамъбасти ифода ёфтааст. Усулҳо ва алгоритмҳои шинохти овоз ва нутқро коркард намуда, баҳодиҳии таҷрибавии самараноки усулу алгоритмҳои таҳияшуда гузаронида шудааст. Воситаҳои нармафзор таҳия карда шудаанд, ки як қисми асосии системаи шинохтагирии овоз ва нутқи тоҷикӣ мебошанд. Нуқтаҳои асосии илмӣ ва хулосаҳои диссертатсионӣ тавассути усули амсиласозии компютерӣ ва модулҳои барномавии дар шакли комплекси барномаҳои объектгаро таҳияшуда асоснок гардида, тасдиқи худро ёфтаанд.

Тасвиб ва амалисозӣ. Натиҷаҳои гузориши рисолаи номзадӣ дар конференсияҳои илмию методии зерин муҳокима, таҳия ва дар маҷмӯи мақолаҳои конфронсҳо интишор гардидаанд: конференсияи илмӣ-амалии олимону профессорон ва муҳаққиқони ҷавони ДДҲБСТ (солҳои 2019-2020-2021-2022), конференсияи илмӣ-назариявии “Илмҳои бунёдӣ ва амалӣ: ҳолат ва рушди соҳа” (Петрозаводск, 2022), конференсияи илмӣ-назариявии «Нақши илм дар ташаккули давлатдории миллӣ» (Хучанд, 2018); «Рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар низоми ташаккулёбии иқтисодиёти рақамӣ» (Хучанд, 2020); конференсияи илмӣ-амалии «Илм ва инноватсия дар низоми татбиқи ҳадафҳои стратегияи миллӣ» (Хучанд, 2021); конференсияи илмӣ-методии «Усулҳои инноватсионии таълим: ҳолати муосир ва дурнамонӣ такомул» (Хучанд, 2021) ва «Консепсияи миллии тарбия – асоси тарбияи насли созандаю бунёдкор» (Хучанд, 2021); конференсияи илмӣ-методии «Муаммоҳои мубрами методикаи таълими фанҳои риёзӣ, дақиқ ва табиӣ дар МТОК: назария ва амалия»; (Хучанд, 2022); конференсияи илмӣ-амалии «Ҳамгироии илм ва истеҳсолот баҳри татбиқи ҳадафҳои стратегияи миллӣ» (Хучанд, 2022); конференсияи илмию методии «Ваҳдати миллӣ – омили муҳими рушди давлат ва ҷомеа» (Хучанд, 2022) .

Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия. Натиҷаҳои таҳқиқот дар 18 интишороти муаллиф инъикос ёфтаанд, ки аз онҳо 6-тояшро мақолаҳои илмӣ дар маҷалаҳои тақризшавандаи Комиссияи олии аттестиатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон банашррасида, боқимонда мақолаҳои дар

дигар нашрияҳо ба нашр расида, маводи конференсияҳои илмӣ ташкил додаанд. Аз он ҷумла, Шаҳодатнома оид ба бақайдгирии асарҳои илмӣ ва ҳуқуқи муаллифӣ барои лоиҳаи Web-замимаи “Системаи шинохтагии фармонҳои тоҷикӣ” аз 23.02.2024, №188 аз тарафи Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Шаҳодатнома оид ба бақайдгирии давлатии захираҳои иттилоотӣ барои лоиҳаи Web-замимаи “Системаи шинохтагии овоз бо забони тоҷикӣ” аз 10.07.2024, №4202400519 аз тарафи “Маркази миллии патенту иттилоот”-и назди Вазорати рушди иқтисод ва савдои Ҷумҳурии Тоҷикистон гирифта шудаанд.

Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия. Диссертатсия аз қисмҳои “Муқаддима, “Тавсифи умумии кор”, се боб, “Хулоса” ва “Тавсияҳо”, “Рӯйхати адабиёти истифодашуда” ва “Рӯйхати интишороти илмӣ докталаби дараҷаи илмӣ” ва се замиа иборат мебошад. Ҳаҷми умумии диссертатсия аз 165 саҳифаи матни компютериӣ бо ёрии протсессори матнии Microsoft Word ҳуруфчиншуда иборат буда, 31 расм, 2 диаграмма ва 16 ҷадвалро дар бар гирифтааст. Рӯйхати адабиёт фарогири 154 номгуй мебошад.

БОБИ 1. АСОСҲОИ НАЗАРИЯВИИ АМСИЛАҲО, УСУЛҲО ВА АЛГОРИТМҲОИ ШИНОХТИ НУТҚ

1.1. Таснифоти низомҳои шинохти нутқ

Таҳқиқот нишон медиҳад, ки шинохти нутқ аввалин қобилиятест ва тавассути он низоми зеҳни сунъӣ бояд бо инсон гуфтугӯи инсонӣ дошта бошад. Шинохти нутқ метавонад овози инсонро эътироф кунад ва нутқро ба матн табдил диҳад, ки ин як шакли маълумоти бо мошини ҳисоббарор хондашаванда маҳсуб меёбад. Ин таҳқиқот идомаи корҳои қаблӣ дар омӯзиши амиқ барои шинохти нутқ мебошад. Дар соҳаи шинохти худкори нутқ бо таърихи беш аз 60-солаи таҳқиқот шинохти нутқ ҳамеша кори душвору баҳснок ба ҳисоб меравад.

Мушкилии шинохти нутқ боиси мураккаб шудани чузъҳои фаҳмиши забон мегардад ва инчунин метавонад ба самаранокии низомҳои гуфтугӯи шифоҳӣ таъсир расонад. Хатогиро дар шинохти нутқ қобилияти фаҳмидани забони гуфторро маҳдуд карданд ва фаҳмиши забони бар матн асосёфтаре боз ҳам диққати бештарро ба гуфтор ҷалб кард. Аз ин рӯ, барои ба низомҳои шинохти худкори нутқ додани арзише, ки онҳо дар муоширати инсон хусусияти воқеӣ доранд, шинохти нутқ чун зиёд кардани дақиқии он муҳим аст [15].

Барои шинохти дақиқи нутқ татбиқи баъзе усулҳои омӯзиши амиқ барои пешравии бузург дар ин соҳа мусоидат кард. Дар давраи зиёда аз 20 сол дар ин самт таҳқиқи амсилаҳои акустикии шабакаҳои нейронҳои пешбаранда гузаронида шуд. Дар натиҷа шумораи замимаҳои шинохти овоз ва нутқ якбора афзоиш ёфт. Шинохти овоз ва нутқ аз се зинаи асосӣ иборат аст: зинаи якум сигнал, зинаи дуум – садо ва сеюм – зинаи забон.

Дар зинаи сигнал – ҳадаф гирифтани хусусиятҳо аз сигнал тавассути коркарди пешакӣ ва бехатарӣ мебошад. Ин зина дар омӯзиши мошини ҳисоббарор душвории назаррасро дорад. Қабати акустикӣ барои тасниф

кардани объектҳо барои ҳолати гуногуни акустикӣ масъул аст, яъне меъёрҳои дақиқтарро таъмин мекунад. Дар сатҳи забоншиносӣ олимони кӯшиш мекунанд, ки дар асоси калимаҳои ифоданок, ҷумлаҳои пурмазмун ва ҳамзамон омезиши садоҳои гуногунро ба даст оранд [23].

Дар ҷаҳони муосир вобаста ба пешрафти технологияи рақамӣ якҷанд корҳои илмӣ назаррас ва лоиҳаҳои барои таҳқиқ кушода нисбати шинохти нутқ мавҷуданд ва фаъолият менамоянд. Хизматрасониҳо дар ин самт, ки ҷун захираҳои маълумоти асосӣ баромад мекунанд, дар мисоли ширкати бонуфузи Google бо технологияи абрии мубодилаи нутқ ба матн, ёрдамчиҳои ҳаёлии овозии ширкати Яндекс бо номи Алиса ва ғайраҳо амалӣ мегарданд. Бо вучуди ин, дар аснои амаликунии таҳқиқоти мазкур бо муаммоҳои ҷойдошта, аз ҷумла, мавҷуд набудани дақиқии барнома ва ё амсилаи шинохти нутқ бо забони табиӣ пешбарии таҳқиқ басо душвор буд.

Аз ин рӯ, барои ширкатҳое, ки бо маълумоти ҳассос сарукордоранд, беҳтар аст низоми шинохти нутқро эҷод намоянд. Яке аз сабабҳо дар он аст, ки бо назардошти дастрасии бештари маҷмӯаҳои маълумот бо забонҳои русӣ, англисӣ, арабӣ ва хитой, аксари низомҳои мавҷуда дақиқ нестанд. Ғайр аз ин, бо доштани низоми шинохти нутқи худӣ ширкатҳо метавонанд маълумоти пурраро назорат баранд. Гарчанде баъзе қоидаҳое вучуддоранд, ки тибқи онҳо ба ширкатҳои абарқудрат ба монанди Google ва Yandex иҷозат дода намешавад ва маълумоти овозиро барои лоиҳаҳои худ истифода барад. Инро дар истифодаи мисоли телефони ҳамроҳи худ, дар лоиҳаҳои ширкатҳо, ки маълумоти аудиоиро талаб мекунад, мушоҳида карда метавонем. Ҷуноне ки нишон дода шудааст, нигоҳ доштани ҳама гуна додаҳо дар дохили таҷҳизоти ширкат, алаҳхусус бо назардошти қонунҳои нави қонуниятҳои ҳимояи иттилоот, беҳатар ба назар мерасад. Бо назардошти гуфтаҳои болоӣ, барои шинохти нутқ эҷоди як низоми дақиқ лозим аст, ки барои истифода аз ҷониби ширкатҳо низ қобили қабул бошад ва дар навбати худ муштариён низ аз он баҳра баранд [22].

Таҷрибаи солҳои охир нишон медиҳад, ки технологияи шинохти нутқ бо истифодаи технологияҳои рақамӣ дар байни ширкатҳои мобилӣ босуръат азхуд гардида, татбиқи он дар соҳаҳои гуногун, дар мисоли муассисаҳои таълимӣ, бонкдорӣ, маркетинг, тандурустӣ возеҳ ба чашм мерасад. Дар ин ҷо баъзе аз барномаҳои, ки дар онҳо шинохти овоз ва нутқ ҳамчун яке аз ҷузъҳои асосӣ истифода мешавад, баррасӣ кардан мумкин аст:

Дар муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ:

- ✓ ҷустуҷӯи ҳуҷҷатҳо дар компютер;
- ✓ дархости ҷопи мавод;
- ✓ ташкили конфронсҳои видеоӣ;
- ✓ ҷадвали таъинот.

Дар фаъолияти бонкдорӣ:

- ✓ дар бораи бақияи суратҳисоб ва таърихи муомилот;
- ✓ пардохтҳо;
- ✓ саволҳо роҷеъ ба қарздиҳӣ;
- ✓ таҳлили дархостҳои муштарӣ.

Дар самти фаъолияти тиббӣ:

- ✓ ҷустуҷӯи ғаврии иттилоот, пардохтҳо;
- ✓ дастрасии зуд ва ҳадафмандона ба иттилооти зарурӣ;
- ✓ равандҳои такрорӣ ва қадамҳои дастурии мушаххас;
- ✓ усули самараноки ворид кардани маълумот ва иттилоот [23-24].

Бо истифода аз шинохти нутқ дар ин соҳаҳо иқтидори назарраси шинохти нутқро барои беҳтар кардани равандҳои корӣ дар ҳамаи ин соҳаҳо ба даст овардан имконпазир аст. Дар ояндаи наздик технологияи шинохти нутқро дар соҳаҳои зиёди дигар низ хеле муфид қорбаст кардан ба назар мерасад.

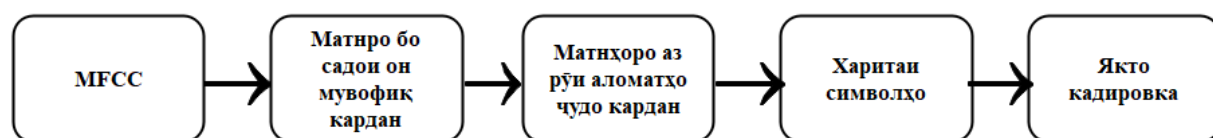
Яке аз равандҳои асосии масъалаи гузошташуда пас аз гирифтани маълумот – ин қоркарди пешакии он ҳамчун зинаи аввал дар шинохти нутқ маҳсуб меёбад. Вазифаи умумии шинохти нутқ аз он иборат аст, ки сигналҳои овозиро ба сифати маълумоти воридшаванда қабул намуда, баъдан ба сифати рамзҳо содир менамояд. Мавҷҳои садои якченака мебошанд. Дар ҳар лаҳзаи

вақт вобаста ба баландии мавҷ мавҷҳои садо як қиммат доранд, аммо ин мавҷҳо бояд ба рақамҳо табдил дода шаванд, то ки компютер онҳоро шиносад. Аз ин рӯ, дар раванде, ки “интиҳоб” номида мешавад, дар нуқтаҳои баробар ҷойгиршуда танҳо баландии мавҷ сабт мешавад. Дар асоси теоремаи Найквист, ки зудии дискретизатсияи мавҷи синусоидалии ҳаддиақал ду маротиба зудии дискретизатсияро афзун мекунад, яъне акнун имконияти мавҷи садои аслиро аз намунаҳои фосилавӣ бе талафоти ҳама гуна маълумот фароҳам меорад [51-52].

Дар таҳқиқот шакли сигнали овозӣ аз намуди .flac ба файлҳои WAV табдил дода шудаанд. Пас аз он маҷмӯи мел-филтри логарифмӣ ва хусусияти сигналҳо ҷудо намуда, спектрограммаи ҳар як овози файлӣ ташкил дода шудаанд. Ҳамзамон дар ин таҳқиқот аз маълумоти коркардшудаи нутқ бо делта ва суръатбахши делта-делта бо андозаи равшанӣ 0,025 функсияи появӣ, филтри логарифмии 40-ченака гирифта шудааст.

Дар натиҷа дар асоси спектрограммаҳои аз манбаи зудии хурди филтр гирифташуда тензорҳои маълумоти овозӣ эҷод карда мешаванд. Барои ифода кардани садоҳо дар маҷмӯи додаҳо ба ҳар як файли овоз файли матнии мувофиқ пешниҳод карда мешавад. Ҳар як файли матнӣ рамз ба рамз тақсим карда мешавад. Баъдан харитаи рамзҳо сохта мешавад, ки дар он ҳар яки он бо рақам ифода мегардад, то ки рамзҳо ба осонӣ ба низоми рамзгузори ягона раван карда шаванд.

Барои исботи гуфтаҳои болоӣ, тамоми равандҳои коркарди пешакии маълумот, ки дар диссертатсия ба роҳ монда мешаванд дар расми 1.1. нишон дода шудааст.



Расми 1.1 - Тартиби коркарди пешакии маълумот

Чуноне ки аз расми 1.1 дида мешавад, мавҷҳои садо аввал ба бонки Мел-филтри логарифмӣ интиқол дода мешаванд. Пас аз он ҳар як файли матнӣ ба файли овоз мувофиқ ба сифати маълумоти нишонӣ гузошта мешавад. Дар қадами навбатӣ барои бо мошин хондани навиштаҳо, ҷумлаҳо ба аломатҳо ихтисор табдил дода мешаванд ва баъдан барои рақамгузориҳои харитаи ҷадвали аломатҳо таҳия мешавад. Пас аз он барои эҷоди натиҷаи ҳадаф барои шабакаҳо рақамгузориҳои якдафъаина истифода мешавад.

Барои фаҳмидани табдили сифрӣ хотиррасон кардан ҷои аст, ки пур кардани сифр барои зиёд кардани васеъшавии маълумоти воридотӣ ва васеъшавии онҳо функсияи муҳим мебошад. Дар маҷмӯъ, пуркунии сифрӣ барои назорати вусъати сигнали даромад ва ҳамзамон барои андозаи сигнали баромад истифода мешавад. Дар таҳқиқоти мазкур ҳамаи пайдарпаии овозӣ ба дарозии ҳадди ақал гузошта мешавад, то ки паҳноии ҳама маълумоти воридотӣ ягона карда шавад. Барои мӯътадилсозии пайдарпаии вуруди объектҳои Н ба ифодаи зерин мӯътадил карда мешавад:

$$H' = \frac{H - \mu}{\sigma} \quad (1.1)$$

дар ин ҷо, μ и σ - векторҳои қимати миёна барои ҳар як канали аломатҳо ва ҳамаи меъёрӣ аз рӯйи ҳамаи каналҳои аломатҳо мебошанд.

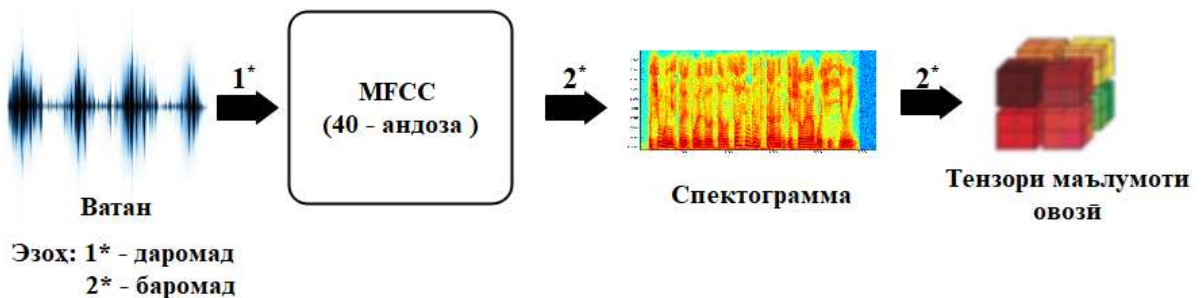
Барои муфассалтар шарҳ додани қимати миёна ин маҷмӯи ҳамаи маълумоти воридотӣ ба миқдори умумии онҳо тақсим карда мешавад, тавре ки дар муодила (1.2) нишон дода шудааст:

$$\mu = \frac{1}{m} \sum_i H_i \quad (1.2)$$

ва ҳамаи меъёрӣ, ки дар муодилаи (1.3) нишон дода шудааст, дараҷаи андозаи аз ҳамдигар фарқ кардани маҷмӯи рақамҳоро ифода мекунад.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (H_i - \mu)^2}{m}} \quad (1.3)$$

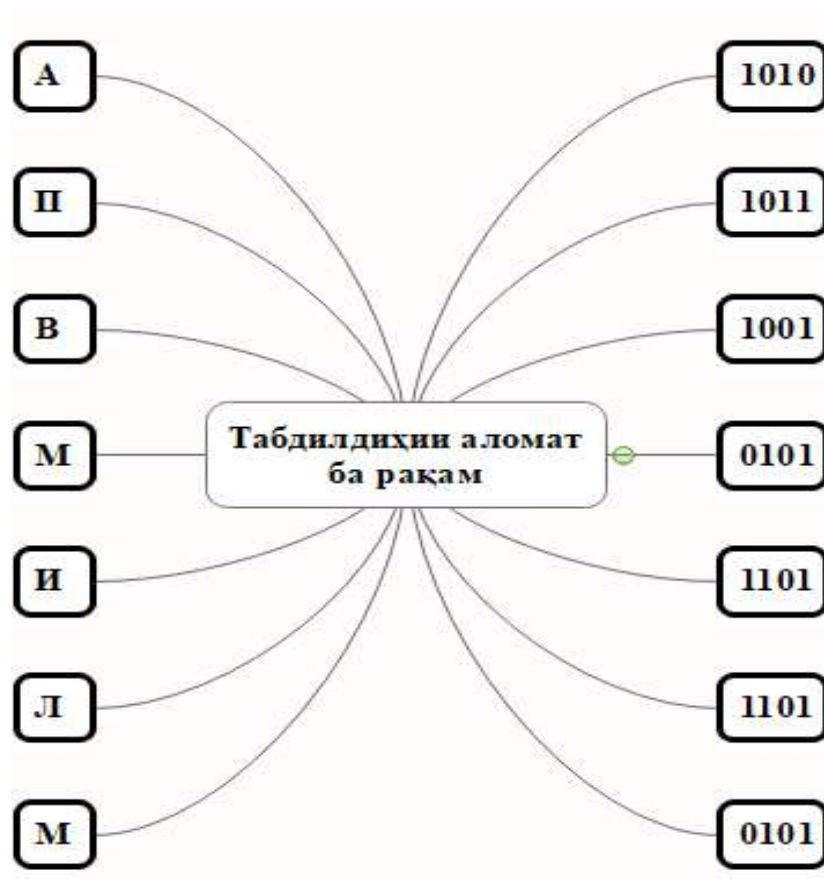
Шкалаи Мел бори аввал аз ҷониби Стивенс ва Волкман дар соли 1937 пешниҳод карда шуд [87-20]. Бонки филтри басомади Мел барои вазифаҳои шинохти овоз мувофиқ аст, зеро он хассосияти шахсро ба басомади муайян ба назар мегирад. Он ба роҳи табдил додани басомади муқаррарӣ дар шкалаи Мел ҳисоб карда мешавад. Ин амал барои беҳтар фаҳмидани овози инсон кӯмак мекунад. Дар асоси табдилдиҳии ҳаттии косинусоидалии тавоноии спектри логарифмӣ дар шкалаи басомади ғайриҳаттии Мел метавонад спектри кӯтоҳмуддати тавоноии садоро пешниҳод кунад. Илова ба табдилдиҳии ғаврии Фуре дар спектри амплитудаҳо барои ба даст овардани функсияи басомади ғайриҳаттии Мел блоки филтр истифода мешавад. Барои исботи гуфтаҳои дар боло зикр шуда, нақшаи табдилдиҳиро дар расми 1.2 нишон дода мешавад, ки дар он гузариш аз мавҷи садо ба маълумоти тензориро ифода менамояд [141].



Расми 1.2 - Тафсилоти коркарди пешакии маълумот

Таҷриба нишон медиҳад, ки дар масъалаи гузошташуда мушкилоти гурӯҳбандӣ яъне, таснифот, вучуд дорад ва дар ин ҳолат рамзгузориҳои яқдафъаина истифода карда мешавад. Ҳангоми истифодаи рамзгузориҳои ягона тағйирёбандаҳои гуруҳӣ ба шакли мувофиқ барои амсилаи забон табдил меёбад. Дар ин маврид, истифодаи усули амсилаи забон барои ба натиҷаи боҳадаф расидан дастрас мегардад.

Дар расми 1.3. табдилдиҳии аломатҳо ба рақамҳои ягона бо рамзгузорӣ нишон дода шудааст. Бояд қайд кард, ки дар амсилаи пешниҳод шуда, рамзи «А» дар ҳама мавқеъ бо ҳамон як қимати 1000 (як, сифр, сифр, сифр) ифода карда мешавад.

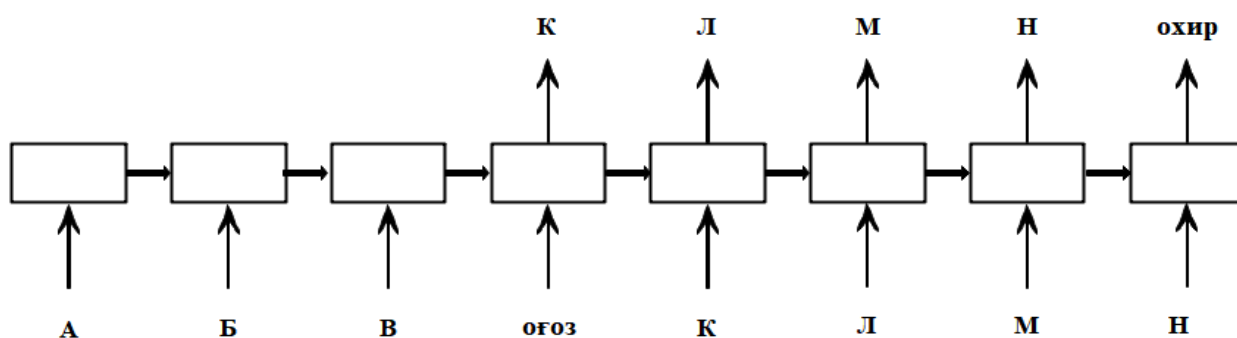


Расми 1.3 - Табдилдиҳии аломатҳо ба рақамҳо

Барои ҳалли масъалаҳои гузошташуда ҷузъҳои рамзгузори амсилаҳои гуногун маълуманд, ки баъзе аз онҳоро баррасӣ менамоем. Сарфи назар аз захираҳои шабакаи нейронии бисёрқабата онҳо маҳдудияти назаррас доранд. Яъне онҳо метавонанд танҳо вақте истифода шаванд, ки воридсозии маълумот ва натиҷаи дилхоҳ метавонад бо истифода аз векторҳои андозаашон бақайдгирифташуда рамзгузорӣ шаванд. Бо вуҷуди ин, дар ҳолати номаълум будани дарозии пайдарпайҳои пеш аз таҳқиқотӣ мушкилоти зиёд ба вуҷуд меоянд, ба монанди шинохти нутқ ва тарҷумаи мошинӣ. Масалан, ҳангоми шинохти нутқ шабака бояд интиқоли сигнали пайдарпайи овозиро ба пайдарпайии калимаҳои матнӣ омӯзад. Дар ин гуна масъалаҳо пайдарпайии

маълумотҳои воридшаванда бояд ба пайдарпайии маълумоти содиршаванда мувофиқат кунад. Аз ин рӯ, як усули ғайримустақили омӯзиш зарур аст, ки пайдарпайихоро ба қатори додаҳо мувофиқат намояд [121-122].

Таҷрибаҳо нишон медиҳад, ки амсилаи пайдарпайӣ дар пайдарпайӣ чаҳорчӯба мебошад барои ҳалли муаммои омӯзиш, ки пайдарпайии воридшавӣ ва хориҷшавиро бо пайдарпайии дарозии тағйирёбанда ҳаллу фасл менамояд. Чунин амсила метавонад амсилаи занҷири дарозии хотираи кӯтоҳмуддат аз пайдарпайӣ ба пайдарпайӣ бошад, яъне он як навъ амсилаи нейронии тавлидкунанда аст. Он сохтори рамзгузори барои тасвири аввали пайдарпайии дарозии тағйирёбанда ба вектори бақайдгирифташудаи дарозӣ бо ёрии занҷири рамзҳо ва сипас дар қатори рамзӣ ин вектори андозааш бақайдгирифташуда барои ташкили баромади пайдарпайии дарозиаз тағйирёбанда истифода карда мешаванд. Дар расми 1.4 сохтори пайдарпайӣ барои амсилаи хаттӣ нишон дода шудааст.



Расми 1.4 - Сохтори амсила аз пайдарпайӣ ба пайдарпайӣ

Чуноне ки дар расми 1.4 дида мешавад, сигнали воридшавии "АБВ" ба сигнали хориҷшавии "КЛМН" муқоиса шудааст. Қайд кардан лозим аст, ки дарозии сигнали воридшавӣ ва сигнали хориҷшавӣ метавонад гуногун бошад [89-24].

Амсилаи ниҳой дар шинохти нутқ танҳо як мазмуни аз нутқ бевосита ба даст овардани стенограммаҳоро ифода мекунад. Дар маҷмӯъ, ин ба як амсилаи

оддии ягона дахл дорад, ки онро аз сифр омӯхтан мумкин аст ва одатан он бевосита ба калимаҳои гузошташуда ва ё аломатҳо таъя мекунад. Мутаносибан, ин қисмати рамзкушоиро бо роҳи аз байн бурдани норасогии луғавии талаффуз ва ҳама гуна амсиласозии фонемаҳои равшанро содда мекунад. Баъдан дар асоси шабакаи нейронӣ тақсимооти бевоситаро аз рӯи пайдарпайӣҳо ба даст овардан имконпазир мегардад [111].

Дар раванди истифодаи шабакаи нейронӣ шумораи зиёди амсилаҳо ва усулҳо мавҷуд мебошанд. Амсилаҳои маъмул ба монанди шабакаҳои нейронҳои печон, шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ, занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати якҷониба ва дуҷониба барои таъмини асосҳои назариявӣ ва амалии шинохти нутқ барои забонҳои англисӣ, русӣ, арабӣ, хитой ва форсӣ васеъ истифода карда шудаанд. Барои ноил шудан ба ҳадафҳои асосии диссертатсия аз байни амсилаҳои номбаршуда амсилаи занҷири думарҳилаи ибтидоии акустикаи омӯзишӣ барои шабакаи нейронӣ таҳқиқ карда шудааст.

1.2. Таснифоти амсилаҳо ва усулҳои шинохти нутқ

Татбиқи раванди шинохтан тавассути муайян кардани хусусиятҳои шабеҳ тавассути тақсим кардани тасвирҳо ба синфҳои умумӣ барои аъзоҳое, ки таркиби онро ташкил медиҳанд, сурат мегардад. Қиҳати асосӣ дар ин усул дар он аст, ки тасвирҳо аз як қатор хосиятҳо ва ё хусусияти умумӣ иборат буда, ба як синф мансуб мебошанд. Ин хосиятҳои муштаракро ба хотираи низом метавон ворид намуд.

Агар низом бо тасвири таснифнашуда дар маълумоти воридшаванда таъмин бошад, пас дар чунин мавридҳо маҷмӯае интихоб карда мешавад, ки хусусиятҳоро тавсиф мекунад ва баъдан бо хусусиятҳои дар хотираи низом ҷойгиршуда муқоиса карда мешавад. Қадами навбатӣ ин аст, ки низом тасвири тафтишшавандаро ба синфе дохил мекунад, ки бо низоми хусусиятҳои шабеҳ ба хусусиятҳои ин тасвир тавсиф мешавад. Ҳангоми истифодаи усули дар боло

тавсифшуда вазифаи асосӣ – муайян кардани хусусиятҳои умумӣ аз намунаи тасвирҳо мебошад, ки мансубияти онҳо ба синфи дилхоҳ аллакай маълум аст.

Концепсияи эътирофи табиатан тавсифшуда нисбат ба нигоҳ доштани объектҳои ба синф дохилшуда аз хотира бартарӣ дорад, зеро хосиятҳои, ки синфро дар маҷмӯъ тавсиф мекунанд, доимӣ мебошанд ва принсипи муқоисаи хосият имкон медиҳад, ки фарқиати хосиятҳои тасвирҳои алоҳида вучуд дошта бошад. Аммо аз тарафи дигар, усуле, ки дар муқоиса бо стандарт асос ёфтааст, имкон намедиҳад, ки дар хусусиятҳои тасвирҳои инфиродӣ тағйироти назаррас ба амал ояд. Тавре ки дар боло зикр гардид, пайдо кардани маҷмӯи пурраи хусусиятҳо, фарқиятҳо барои синф хеле душвор аст. Аз ин рӯ, истифодаи ин принсипи эътироф бо таҳияи усулҳои интихоби хосиятҳои оптималӣ зич алоқаманд аст.

Ҳангоми ҳалли масъалаи шинохти нутқ бо истифода аз амсилаҳои Марков ба ҷои вазифаҳои коркарди пешакии сигнал ва истихроҷи хусусиятҳои сигнали нутқ, низоми пайвастишуда таҳия мешавад, ки дар он эҳтимолияти сигнали вурудӣ ба воҳиди шинохти додашуда пайдо мешавад, баъдан раванд таҳлил кардашуда, низом омӯзонда мешавад. Амсилаи пинҳоншудаи Марков амсилае мебошад, ки аз N ҳолат иборат аст, ки дар он баъзе низом метавонад яке аз арзишҳои M -и баъзе андозаҳои гирад.

Амсилаи пинҳоншудаи Марков сегонаи $\lambda = \{A, B, \pi\}$ мебошад. Мисоли барҷастаи низоми шинохти нутқ бо истифода аз HMM Sphinx аст. CMUSphinx - эътирофкунандаи бефосилаи нутқ аз нотиқ аст, ки бо истифода аз амсилаи пинҳонии Марков ва амсилаи омори забони n -gram бармеояд [127-128].

Таснифи усулҳои шинохти тасвир таснифоти гуногуни усулҳои шинохти нутқро тавсиф мекунанд. Усулҳо ба андозаӣ, ғайриандозаӣ ва эвристикӣ тасниф мешаванд, инчунин интихоби усулҳо дар асоси мактабҳо ва тамоюлҳои таърихӣ дар ин соҳа низ истифода мешаванд. Масалан, типологияи зерини усулҳои шинохти намуна истифода мешавад:

- усулҳои ба принсипи ҷудокунӣ асосёфта;
- усулҳои оморӣ;

- усулҳои дар асоси «функсияҳои иқтидор» сохташуда;
- усулҳои ҳисобкунии рейтингҳо (овоздиҳӣ);
- усулҳо дар асоси ҳисобҳои пешниҳодӣ, аз ҷумла дар заминаи алгебраи мантиқӣ.

Таснифи дигар ба татбиқи принципҳои асосии дар боло муҳокимашуда барои сохтани низомҳои худкори шинохти намуна асос ёфтааст. Се намуди асосии методология вучуд дорад:

- эвристикӣ;
- математикӣ;
- лингвистикӣ (синтаксикӣ).

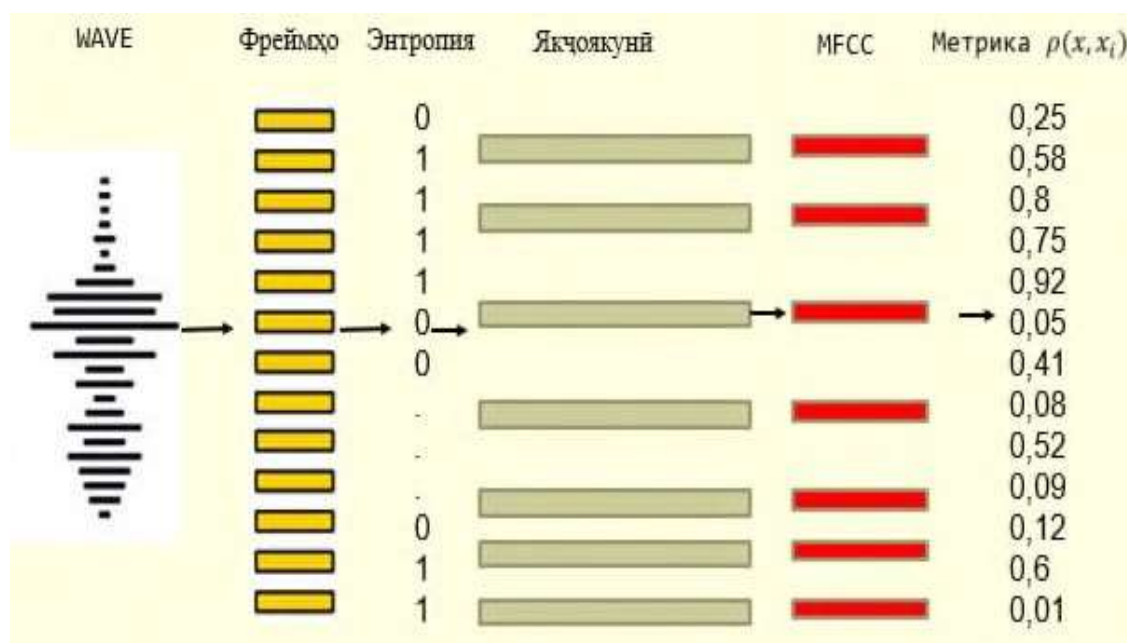
Аксар вақт низомҳои шинохт дар асоси омезиши ин усулҳо сохта мешаванд. Равиши эвристикӣ ба эҳсосот ва таҷриба асос ёфтааст; он асосҳои номбар кардани аъзоёни синф ва умумии хосиятҳоро истифода мебарад. Албатта, низомҳое, ки бо истифода аз чунин усулҳо сохта шудаанд, дорои маҷмӯи расмиёти беназире мебошанд, ки мувофиқи вазифаҳои мушаххаси эътироф сохта шудаанд.

Рушди илм, маориф, инноватсия ва техникаю технология аз ҷумлаи масъалаҳое мебошанд, ки дар тамоми ҳалли масъалаҳои иҷтисодӣ, иҷтимоӣ, сиёсӣ ва фарҳангии кишварҳо, инчунин ба сатҳи сифати зиндагии аҳолии онҳо вобастагӣ доранд. Ҷаҳони муосир тақозо менамояд, ки мақому мартабаи кишварҳо аз рӯйи то кадом андоза дар соҳаҳои технологияҳои инноватсионӣ рушд кардан сатҳи нерӯӣ зехнӣ ва илму инноватсияи онҳо муайян карда шавад [132-133].

Барои ба амал баровардани амсилаи татбиқшавандаи коркарди сигналҳо ва табдили онҳо ба овоз, алгоритми сохтор чунин намудро мегирад. Чунон ки аз расми 1.5 дида мешавад, алгоритмҳо барои коркарди сигнали нутқ дар амсилаи дарккунӣ, бояд ҳамон низоми консепсияҳо ва муносибатро, ки шахс истифода мебарад, истифода намояд. Амсилаи акустикӣ имкон медиҳад, ки сегменти баромадро аз ҷиҳати шабоҳат дар сатҳи садо ба назар гирифта, симои рақамии нутқ ба даст оварда шавад. Барои ҳар як садо, аз ибтидо амсилаи

мураккаби омори сохта мешавад, то ки он натиҷаи ин садоро дар мавриди сабти он тасвир кунад.

Низоми коркардшаванда барои шинохти фармонҳои овозии дар алоҳидагӣ талаффузгашта пешбинӣ мегардад. Шинохти нутқи равон аз доираи таҳқиқоти диссертатсия берун аст ва усулҳои мукаммали коркардро талаб мекунад. Низоми шинохти коркардшаванда аз рӯйи таъинот низоми фармониро ифода менамояд. Алгоритми шинохтро усули барномасозии динамикӣ ташкил медиҳад. Аз рӯйи намуди воҳидҳои сохторӣ низоми бояд калимаҳои ҷудогонаро шинохта гирад. Чунин талаботи дар боло қайдшуда, гузориши масъалаи таҳқиқотиро ташкил медиҳанд [91-92].



Расми 1.5 - Алгоритми асосии шинохти рақамии нутқ

Раванди шинохти нутқ – ин табдилдиҳии сигнали нутқӣ ба маълумоти рақамӣ мебошад. Масъалаи шинохти нутқро гузориши мувофиқи ҷузъи маҷмӯи нишонаҳои сигнали овозӣ ба пайдарпайии калимаҳо ташкил медиҳад. Бояд қайд карда шавад, ки ин гузориши мувофиқ дар асоси эҳтимолияти калонтарин амалӣ мегардад. Яъне, ба нишонҳои сигнали овозӣ ҳамон калима

мувофиқ гузошта мешавад, ки эҳтимолияти калонтарини шабоҳатро дар асоси ягон талабот дорад.

Ҳамин тариқ, масъалаи шинохти нутқро ҳамчун муайянкунии функсияи

$$SR: A \rightarrow B,$$

ин ҷо: соҳаи муайянӣ (A) - маҷмӯи нишонаҳои сигнали овозӣ ва соҳаи қабули қиматҳо (B) - пайдарпайии пешакӣ маълуми калимаҳо тавсиф дода мешавад.

Вобаста ба масъалаи шинохти нутқ, ки дар боло муайян карда шуд, низомҳои гуногуни шинохт ҷой дошта, аз ҷамчунин фарқият доранд:

1. Низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи луғат. Пайдарпайии калимаҳо барои мувофиқгузорӣ дар ҷамчунин низомҳо аз миқдори муайяни калимаҳои забони табиӣ иборат мебошад. Вобаста ба миқдори калимаҳо дар пайдарпайӣ низомҳо аз рӯйи луғати хурд ва калон фарқ мекунанд;

2. Низомҳои шинохти нутқ аз талаффузкуанда вобаста ё новобаста. Раванди ташкили нишонаҳои овозӣ ва унсурҳои маҷмӯи якуми масъалаи шинохт вобаста ба сарчашмаи маълумоти овозӣ ташкил менамоянд. Маҳз дар ҷамчин қадам хусусияти вобастагии низоми шинохти нутқ аз шахсе, ки нутқи ӯ шинохта гирифта мешавад, тавсиф меёбад.

3. Низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи намуди маълумоти овозӣ (нутқи раван ё кандашуда);

4. Низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи таъинот (низомҳои дикташаванда, низомҳои фармонӣ);

5. Низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи алгоритми истифодашаванда (шабакаҳои нейронӣ, амсилаҳои пинҳонии Марков, барномасозии динамикӣ);

6. Низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи намуди воҳидҳои сохторӣ (ибора, калима, фонема ва ғайра);

7. Низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи принсипи ҷудокунии воҳидҳои сохторӣ, яъне шинохт аз рӯйи қолаб, ҷудокунии унсурҳои луғавӣ [79-80].

Вобаста ба масъалаи дар рисолаи илмӣ гузошташуда низоми тадқиқшаванда аз комбинатсияи низомҳои дар боло овардашуда ташкил меёбад. Бинобар ин масъалаи тадқиқшавандаро дар намуди зерин муайян кардан мумкин аст. Масъала аз таҳқиқ ва коркарди низоми компютерӣ барои шинохти фармонҳои овозӣ иборат аст. Бо ин мақсад масъалаи коркарди низоми шинохт аз рӯйи луғат, ки миқдори ками (30-50) калимаҳоро доро аст, пеша карда мешавад. Ҳамзамон, имконияти ғанӣ гардонидани луғат низ мавриди омӯзиш қарор дода мешавад.

Низоми шинохти коркардшаванда бояд аз талаффузкуанда новобаста бошад. Яъне, хусусият ва нишонаҳое, ки ба як шахси нутқро талаффузкуанда хос мебошанд, дар масъалаи шинохт ба инобат гирифта намешаванд, ё чунин хусусиятҳо тавассути мӯътадилкунии овоз ба шакли ягона оварда мешаванд.

Низоми коркардшаванда барои шинохти фармонҳои овозии дар алоҳидагӣ талаффузгашта пешбинӣ мегардад. Шинохти нутқи равон аз доираи таҳқиқоти диссертатсия берун аст ва усулҳои мукаммали коркардро талаб мекунад. Низоми шинохти коркардшаванда аз рӯйи таъинот низоми фармониро ифода менамояд. Алгоритми шинохтро усули барномасозии динамикӣ ташкил медиҳад. Аз рӯйи намуди воҳидҳои сохторӣ низом бояд калимаҳои чудагонаро шинохта гирад. Чунин талаботи дар боло қайдшуда, гузориши масъалаи таҳқиқотиро ташкил медиҳанд [77-78].

1.3. Алгоритми шинохти нутқ дар асоси тағйирёбии динамикии вақт

Вазифаи шинохти нутқ дар низомҳои шинохт яке аз мавқеъҳои аввалро ишғол мекунад. Низомҳое, ки имрӯз вучуд доранд, ҳанӯз чандон комил нестанд ва як қатор камбудҳои доранд, аз қабилӣ фоизи баланди хатогиҳо, танзимои як гӯяндаи мушаххас, ҳаҷми маҳдуди луғат – ин рӯйхати нопурраи муаммоҳое аст, ки бояд ҳаллу фасл шаванд. Ба ҳама маълум аст, ки нутқи инсон бо якчанд сабабҳо дараҷаи баланди тағйирпазирӣ дорад. Ҳатто барои

ҳамон як гӯянда ҳангоми татбиқи ҳамон як воҳидҳои акустикӣ, онҳо аз рӯйи давомнокии талаффуз дар таркиби спектралӣ фарқ мекунанд.

Ҳама гуна тағйирот дар нутқ бо тағйирот дар ҳолати эҳсосии шахс ва табиист, аз шароите, ки ӯ қарор дорад, алоқаманд аст. Мавҷудияти таъсири артикуляторӣ ба он оварда мерасонад, ки талаффузи калимаҳо ва фонемаҳо аз қаринаи онҳо саҳт вобаста аст. Тағйирёбии сигнали нутқ, албатта, дар натиҷаи даҳолати намудҳои гуногун дар муҳите, ки дар он гӯянда ҷойгир аст, ба амал меояд. Ҳама гуна ҳатогиҳои нутқ, аз қабилӣ таваққуфҳои пур, изҳоротро дароз мекунанд. Онҳо инчунин намудҳои гуногуни ҳатогиҳоро тавлид мекунанд, ки низомҳои шинохтан дар ҳукмҳои сохторӣ бе ҳатогиҳои нутқ омӯзонида мешаванд, ки ба ташаккули транскриптҳои ҳато оварда мерасонад.

Бо назардошти ҳамаи ин омилҳо ва бо назардошти як қатор маҳдудиятҳои дигар, ба хулосае омадан мумкин аст, ки шинохти баландсифати нутқ дар вақти воқеӣ воситаҳои ҳисоббарории баландсуръатро тақозо мекунад. Асоси таҳияи алгоритмҳои шинохти нутқ усулҳои мебошанд, ки синфҳои тасвирҳоро ҷудо ва тавсиф мекунанд. Дар ин замина, “тасвир” тавсифи унсур ҳамчун намоёндаи синфи мувофиқи тасвирҳо мебошад. Синфро бо рӯйхати ҷузъҳои тавсиф кардан мумкин аст ва низоми шинохт метавонад ба принсипи узвият дар ин рӯйхат асос ёбад. Агар синф бо хусусиятҳои муайяни умумии ҳамаи ҷузъҳои он тавсиф карда шавад, он гоҳ низом ба принсипи умумии хусусиятҳо асос меёбад. Аммо агар ҳангоми таҳлили синф тамоюли ташаккули кластерҳо гурӯҳи ниҳони объектҳо, ки дар фазои тавсифӣ майдони паймонро ташкил медиҳанд, дар фазои тасвир ошкор карда шавад, низом метавонад ба принсипи кластеркунӣ таъяс кунад.

Принсипи номбар кардани ҷузъҳои синф иҷрои худкори нутқро дар асоси мувофиқати намуна дар бар мегирад. Хотираи низоми шинохт тасвирҳои зиёдеро, ки ба як синф тааллуқ доранд, нигоҳ медорад. Вақте ки дар низом тасвирҳои нав пайдо мешаванд, низом онҳоро як ба як бо тасвирҳои, ки аллакай дар хотираи он нигоҳ дошта мешаванд, муқоиса мекунад (расми 1.6).

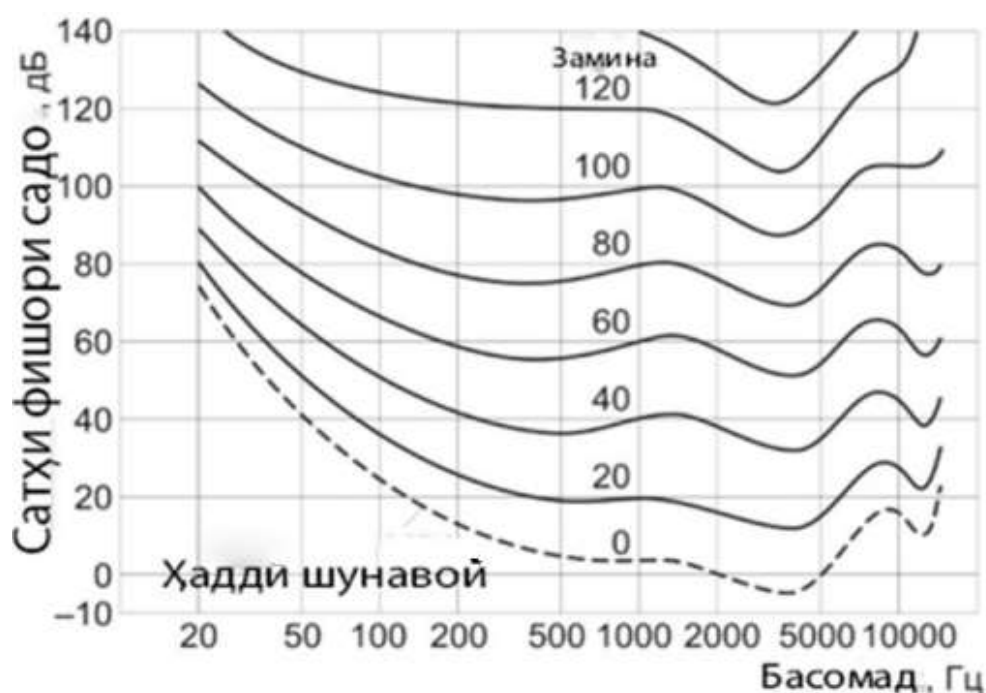


Расми 1.6 - Блок схемаи ворид кардани намуна ба БМ

Агар низоми шинохтан дар хотираи худ садоҳои ҳарфҳои гуногунро дошта бошад, пас ин равиш, ки ба номбар кардани чузъҳои синф асос ёфтааст. Аммо танҳо дар ҳолатҳое, ки маълумоти воридшуда бо садои бегона, талаффуз рост меоянд, ҳарфҳои мувофиқ эътироф карда шаванд. Аз ин рӯ, ин усули нисбатан содда аст, аммо он имкон медиҳад, ки низомҳои шинохти нутқ танҳо дар соҳаҳои муайяни татбиқ, ки пурра аз ӯҳдаи вазифаҳои онҳо баромада метавонанд, синтез карда шавад. Усули номбар кардани чузъҳои синф ба таври мақбул дар шароите амал мекунад, агар намунаи тасвирҳо ба тасвири истинод наздик бошад.

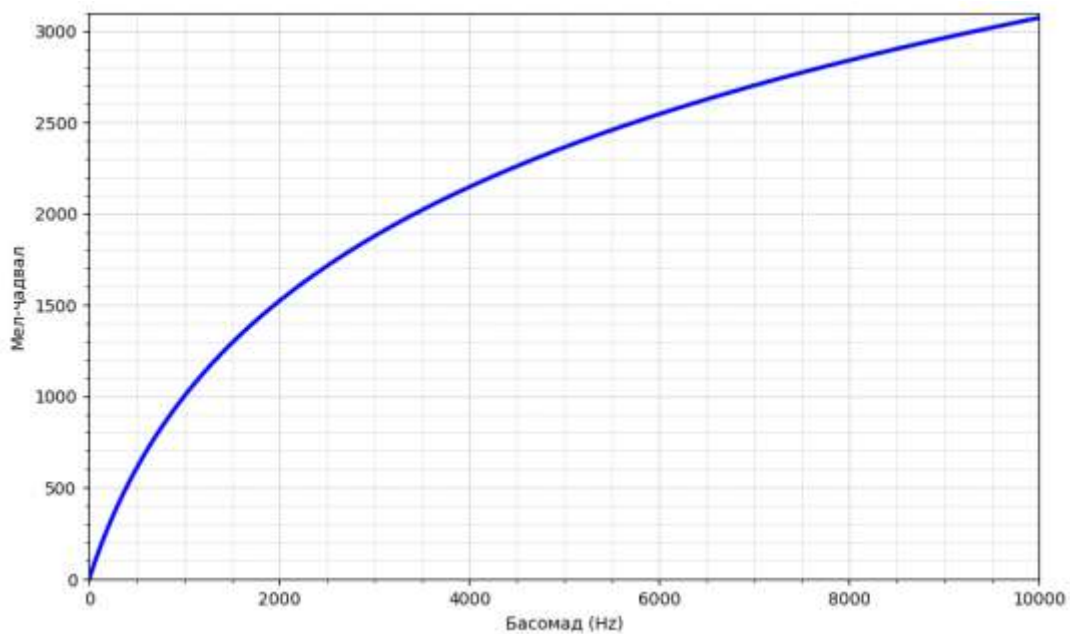
Дар баромади модули асосӣ, ки дар зерқисми қаблии диссертатсия тавсиф шудааст, оид ба мавҷудияти фармон ё набудани он, худи калимаи эътирофшуда ё калимаи дуруст ё нодуруст талаффузшуда будани он маълумот пешниҳод шудаанд. Дар робита ба шинохт метавон усулҳои мавҷудаи шинохти нутқро истифода бурд, ки минбаъд мавриди баррасӣ қарор хоҳанд гирифт [66].

Пеш аз ҳама мафҳуми Мел-чадвал як воҳиди баландиест, ки барои дарки ин садо аз ҷониби узвҳои шунавоии инсон асос ёфтааст. Тавре ки маълум аст, аксуламали басомади гӯши инсон ҳатто ба хати рост шабоҳат надорад ва амплитуда ченаки комилан дақиқи ҳаҷми садо нест. Аз ин рӯ, воҳидҳои ба таври озмоишӣ интихобшудаи баландшавӣ, масалан, замина чорӣ карда шудаанд (расми 1.7).



Расми 1.7 – Мафҳуми мел-чадвал

Ба ҳамин монанд, баландии садо аз ҷониби гӯши инсон комилан ба басомади он вобаста нест, (расми 1.8).



Расми 1.8 - Алоқамандии баландии овоз дар мелҳо аз зудии лапишҳо

Тавре ки мушоҳида мешавад, воҳидҳои андозагирӣ аксар вақт ҳангоми ҳалли масъалаҳои шинохт истифода мешаванд, зеро онҳо имкон медиҳанд, ки ба механизмҳои дарки инсон наздик шуда, дар байни низомҳои шинохти нутқ пешсаф ба ҳисоб меравад.

Алгоритми шинохти нутқи инсон бо роҳҳои гуногун гузаронида мешавад. Пеш аз ҳама, муқоисакунии қиматҳои мувофиқи векторҳои фреймҳо, яке аз роҳҳои тез ва содатарин ба шумор меравад. Лекин бояд қайд намуд, ки новобаста аз он, ки векторҳои муқоисашаванда ченаки якхела доранд, миқдори фреймҳо дар калима метавонанд гуногун бошанд. Яъне, вобаста ба суръати талаффуз як калима метавонад муддати вақти гуногунро дошта бошад. Бинобар ин, алгоритми шинохти нутқ вобаста ба гузориши масъалаи таҳқиқшаванда бо роҳҳои зерин амалӣ карда мешаванд:

- амсилаи пинҳонии Марков;
- истифодаи шабакаҳои нейронӣ;
- алгоритми барноманависии динамикӣ [64-65].

Амсилаи пинҳонии Марков аз байни алгоритмҳои шинохти қайдшуда чун амсилаи беҳтарин дар масъалаи шинохти нутқ маҳсуб меёбад. Аксари таҷрибаҳои амалии барномаҳои шинохти нутқ ба истифодаи амсилаи

пинҳонии Марков асоснок карда шудаанд. Зеро амсилаи мазкур сохтори математикии самаранокро соҳиб буда, имконияти ҳал намудани миқдори зиёди масъалаҳои математикии дорои миқдори зиёди андозаҳоро дорад. Амсилаи ба таври саҳеҳ тартибдодашуда натиҷаҳои баланди шинохтро таъмин мекунад. Дар баробари ин, амсилаи пинҳонии Марков одатан барои шинохти нутқи равон, ҷумлаҳо бо забони табиӣ, истифода мешавад ва эҳтимолияти пайдошавии калимаро дар ҷумла ба инобат мегирад. Дар масъалаи шинохти калимаҳои алоҳида, ки яке аз масъалаҳои асосии таҳқиқотии диссертатсия ба шумор меравад, истифодаи амсилаи пинҳонии Марков изофа шудани миқдори ҳисобкуниҳои компютери ба вуҷуд меорад.

Солҳои охир вобаста ба масъалаи шинохти нутқ ба истифодаи амсилаҳои шабакаҳои нейронии мавҷуда диққати махсус дода шуда истодааст. Хусусияти ғайрихаттӣ будани коркарди маълумот дар шабакаи нейронӣ имконият медиҳад, ки бо истифодаи он доираи васеи масъалаҳои мувофиқгузори ба ба гурӯҳ чудо кардан ҳалли худро ёбанд. Аз тарафи дигар, миқдори зиёди андозаҳои шабакаи нейронӣ аз қабili сохтори шабака, миқдори нейронҳо дар қабатҳо, суръати таълим, вақт ва ғайра истифодабарии иқтисодии калони ҳисобкунии компютери талаб мекунад. Бинобар ин, дар самти босуръат шудани раванди шинохт натиҷаҳои дилхоҳро соҳиб шудан мушкил аст. Чунин амсила дар истифода содда мегардад, агар барои луғатҳо, маҷмӯи қиматҳои инъикоси масъалаи шинохт, миқдори унсурҳо зиёд набошад, масалан, шинохти ҳарфҳои алифбои забони табиӣ, истифода бурда шаванд.

Алгоритми барноманависии динамикӣ – ин усули босуръат ва қулай барои ҳалли масъалаи шинохти калимаҳо эътироф шудааст. Маҳз ҳамин усул дар раванди таҳқиқотии диссертатсия истифода шудааст.

Пеш аз оғози раванди шинохт зарурати ташкили пойгоҳи додаҳо барои ташкили қолабҳои калимаю фармоишотҳо роҷеъ ба шинохт пешбинишударо бояд тартиб дод. Бо ин мақсад калимаҳои додашуда аз тарафи якчанд нафар талаффуз карда шуданд. Барои муайяни ҳар як N адад калима аз тарафи M шахс талаффуз карда шуд. Дар натиҷа, пойгоҳи додаҳо иборат аз M , MFCC-

коэффисиентҳо барои ҳар як калима ба даст оварда шуд, ки кадом калимаро ифода кардани онҳо маълум аст [63].

Умуман, мафҳуми MFCC – намоиши маҷмӯи хусусиятҳои ифода мекунад, ки шакли умумии лифофаи спектрро тавсиф мекунад. Онҳо хусусиятҳои овози одам яъне умумӣ, муносибат ба гурӯҳи забонӣ ва фардӣ бо хусусиятҳои нотакрор дар нутқ, талаффуз, пардаи овозро амсила мекунад. MFCC – коэффисиентҳои капсулаи басомад, ҷамъбасти тақсимои басомадҳо дар андозаи оинаи қисмати сигнал мебошанд. Бинобар ин ҳам хусусиятҳои басомад ва ҳам хусусиятҳои вақти овозро таҳлил кардан мумкин аст.

Чунин мувофиқгузори «Амсила», иборат аз маҷмӯи қолабҳо, унсурҳои соҳаи қиматҳои инъикоси масъалаи шинохти нутқ номидан мумкин аст. Вобаста ба ин, раванди шинохтро мутаносибан «таълими мошинӣ» номидан мумкин аст.

Бо мавҷуд будани қолабҳо дар пойғаҳи додаҳо масъалаи шинохти нутқ ба дарёфти «наздиктарин» амсила барои ягон маҷмӯи MFCC-коэффисиентҳо наздик мешавад. Роҳҳои гуногуни ҳалли ин масъала мавҷуданд:

- барои ҳар як амсила масофаи евклидии вектори амсила ва MFCC-вектори шинохташаванда ҳисоб карда мешавад;
- ба сифати натиҷа ҳамон амсила интиҳоб карда мешавад, ки масофаи миёнаи наздиктаринро соҳиб аст.

Бояд ба инобат гирифт, ки калимаи шинохташаванда бо суръати гуногун талаффуз шуда метавонад. Бинобар ин, ҳуди ҳамон як калимаи рақамӣ дар ҳолатҳои гуногун ба миқдори гуногуни фреймҳо ҷудо карда шуда, мувофиқан аз миқдори гуногуни MFCC-коэффисиентҳо иборат буда метавонад. Дар ин ҷо масъалаи муқоисакунии пайдарпайҳои дарозиашон гуногун ба вучуд меояд, ки тавассути алгоритми тағйирёбии динамикии вақт ҳаллу ҷалб менамоянд.

Дар низомҳои шинохти нутқ, ки дорои калимаҳо мебошанд, шинохти муқоисаи калимаи воридшаванда ва калимаҳои гуногуни луғатро талаб мекунад. Ҳалли самараноки муаммо дар алгоритмҳои муқоисаи динамикӣ мебошад, ки ҳадафи онҳо ба мувофиқати мутаносиб овардани миқёси вақти ду

калима мебошад. Алгоритмҳои ин намуд алгоритмҳои табдилдиҳии миқёси динамикӣ мебошанд. Дар ин боби рисола ду варианти амалӣ барои алгоритме, ки барои шинохтани калимаҳои инфиродӣ пешбинӣ шудаанд, пешниҳод карда мешавад [57].

Таҳқиқот дар соҳаи шинохти нутқ, ба монанди дигар соҳаҳо, ду самтро пеш мебарад: таҳқиқоти бунёдӣ, ки ҳадафи он таҳия ва санҷиши усулҳо, алгоритмҳо ва концепсияҳои нав дар асоси ғайритиҷоратӣ ва таҳқиқоти амалӣ бо мақсади аз он такмил додани усулҳои мавҷуда бо риояи меъёрҳои муайян мебошад. Дар таҳқиқоти илмӣ шинохти як калима ҳамчун тамоюли таҳқиқоти амалӣ баррасӣ карда мешавад [2-М].

Таҳқиқоти асосӣ барои ноил шудан ба манфиатҳои миёна ё дарозмуддат, дар ҳоле ки таҳқиқоти амалӣ барои зуд такмил додани усулҳои мавҷуда ё васеъ кардани истифодаи онҳо дар соҳаҳое, ки ин усулҳо ҳанӯз истифода намешаванд, равона карда шудааст.

Дар амал, суръати шинохти нутқро бо назардошти меъёрҳои зерин беҳтар намудан мумкин аст:

- андозаи луғати шинохташаванда;
- дараҷаи тасодуфияти нутқ, ки бояд эътироф шавад;
- вобастагии мустақилият аз ғўянда;
- зарурати вақт барои ба кор андохтани низом;
- вақти мутобиқсозии низом ба корбарони нав;
- вақти интиҳоб ва эътироф;
- дараҷаи эътироф (бо калима ё ҷумла ифода карда мешавад) [52].

Ҳамин тавр ин зербоб мисол ва роҳҳои дигари алгоритми барномасозии динамикии тағйирёбии динамикии вақт, ки шинохти нутқро амалӣ мекунад, дар бар мегирад.

Алгоритми тағйирёбии динамикии вақт ба синфи алгоритмҳои барномасозии динамикӣ тааллуқ дорад. Он барои ҳисобкунии пайдарпайии мутаносиби тағйирёбӣ, вайроншавии шакл ва деформатсияи вақт дар байни ду қаторҳои вақтӣ истифода бурда мешавад. Тавассути алгоритм тағйирёбии

динамикии вақт имконияти ҳисобкунии ҳар ду қимати деформатсия дар ду пайдарпайӣ ва масофаи байни онҳоро фароҳам меорад.

Ин алгоритм мураккабии фазо ва вақтро дарбар мегирад. Алгоритми босуръати тағйирёбии динамикии вақт равиши қабатро бо се амалиёти калидӣ истифода мебарад:

1. Коҳиш додани тафсилот – андозаи силсилаи вақтро тавассути ҳисоби миёнаи ҷуфтҳои ҳамсоия нуктаҳоро кам карда мешавад. Силсилаи вақти натиҷавӣ як силсилаест, ки нисбат ба нусхаи асли нисфи ҳолҳои зиёд дорад. Ин амалиёт то ҳалли гуногуни силсилаи вақтро ба даст овардан якчанд маротиба иҷро карда мешавад.

2. Банақшагирӣ – бо роҳи табдилшавӣ бо тафсилоти кам истифода карда, роҳи табдилшавӣ дар тафсилоти оянда аз кадом лонаҳо мегузарад бо тартиби бузургии аз пештара зиёдтар муайян карда мешавад. Азбаски раванди ҳалли масъала дучанд душвор мешавад, як нуктаи ба роҳи табдилдиҳӣ дар ҳалли паст тааллуқдошта ба ҳадди ақал чор нуктаи ҳалли баландтар мувофиқат мекунад. Пас аз ин роҳи ба нақша гирифташуда ҳамчун эвристикӣ ҳангоми коркард барои дарёфти роҳи баландсифат истифода мешавад.

3. Коркард – ҷустуҷӯи роҳи мутаносиби деформатсия ба роҳи пешбинишуда наздиктарин.

Бигзор ду пайдарпайҳои $a_1, a_2, \dots, a_n$ ва $b_1, b_2, \dots, b_m$ дода шуда бошанд. Дар ҳолати $n \neq m$ будан дарозии ин пайдарпайҳо гуногун аст. Дар қадами аввали алгоритм аз ҳисобкунии тамоюлҳои байни унсурҳои ин пайдарпайҳо оғоз мегардад. Барои ин қонунҳои гуногуни ҳисобкунии тамоюлро истифода бурдан мумкин аст. Тарзи маъмултарини ҳисобкунии тамоюл усули ҳисобкунии фарқи мутлақи қиматҳои унсурҳо, масофаи Евклидӣ, ба ҳисоб меравад. Дар натиҷаи ҳисобкунии тамоюлҳо матритсаи тамоюлҳо, ки аз n сатр ва m сутун иборат аст, ҳосил мешавад [35-38]:

$$d_{ij} = |a_i - b_j|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m} \quad (1.4)$$

Дар қадами дуҷум матритсаи тағйирёбӣ (D) ташкил карда мешавад. Унсурҳои ин матритса аз рӯйи талаботи зерин ҳисоб карда мешаванд:

$$D_{ij} = d_{ij} + \min(D_{i-1j-1}, D_{i-1j}, D_{ij-1}), \quad (1.5)$$

Пас аз ташкили матритсаи тағйирёбӣ қадами хотимавии алгоритм, ки аз ҳисобкунии ягон роҳи мутаносиби тағйирёбӣ ва масофаи тағйирёбии динамикии вақт иборат аст, иҷро карда мешавад.

Роҳи мутаносиби тағйирёбӣ W , ки маҷмӯи унсурҳои ҳамсои матритса мебошад, мувофиқати байни пайдарпайихоро муайян мекунад. Он роҳеро муайян мекунад, ки ба масофаи кӯтоҳтарини байни пайдарпайиҳо баробар аст. Унсури k -уми роҳи W ба таври зерин муайян карда мешавад:

$$\omega_k = (ij)_k, d(\omega_k) = d_{ij} = |a_i - b_j|. \quad (1.6)$$

Ҳамин тариқ, ифодаи $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_K$ ($\max(n, m) \leq K \leq m + n$) мебошад, ки дар ин ҷо K – дарозии роҳ ба ҳисоб меравад.

Роҳи тағйирёбӣ бояд ба шартҳои зерини маҳдудкунанда иттиҳод кунад:

- *шартҳои канорӣ*: аввали роҳ $\omega_1 = (1, 1)$ ва охир – $\omega_K = (n, m)$. Ин маҳдудият кафолат медиҳад, ки роҳи тағйирёбӣ ҳамаи унсурҳои ҳар ду пайдарпайиҳо мавҷудбударо дар бар мегирад;

- *шарт ба дарозии қадам, бефосилагӣ*: ду унсури дилхоҳи ҳамсои W – $\omega_k = (\omega_i, \omega_j)$ ва $\omega_{k+1} = (\omega_{i+1}, \omega_{j+1})$ нобаробариҳои зеринро қонеъ мекунад: $\omega_i - \omega_{i+1} \leq 1$, $\omega_j - \omega_{j+1} \leq 1$. Ин маҳдудият кафолат медиҳад, ки роҳи тағйирёбӣ ҳар маротиба ба як қадам мегузарад. Яъне, ҳар ду шохис дар алоҳидагӣ дар ҳар як қадам танҳо ба 1 воҳид зиёд шуда метавонанд;

- *тадриҷӣ*: ду унсури дилхоҳи ҳамсои W – $\omega_k = (\omega_i, \omega_j)$ ва $\omega_{k-1} = (\omega_{i-1}, \omega_{j-1})$ нобаробариҳои зеринро қонеъ мекунад: $\omega_i - \omega_{i-1} \geq 0$, $\omega_j - \omega_{j-1} \geq 0$. Ин маҳдудият кафолат медиҳад, ки роҳи тағйирёбӣ бозпас

намегардад. Яъне, ҳар ду шохис дар алоҳидагӣ ё тағйир намеёбад ё зиёд мегардад, вале дар ягон ҳолат кам намешавад.

Тавре ки бармеояд, миқдори зиёди роҳҳои тағйирёбӣ мавҷуданд. Лекин масъалаи марказиро дарёфти чунин роҳ ташкил медиҳад, ки барои он масофаи тағйирёбии динамикии вақт қимати хурдтаринро дорад. Барои ҳисобкунии масофаи тағйирёбии динамикии вақт аз рӯйи роҳи тағйирёбии мутаносиб формулаи зерин истифода мешавад:

$$DTW = \min \left\{ \frac{\sum_{k=1}^K d(\omega_k)}{K} \right\}. \quad (1.7)$$

Шарти мӯътадилкунӣ K дар маҳраҷ дар он ҳолат иҷро карда мешавад, ки роҳҳои тағйирёбӣ ва дарозии гуногун дошта бошад [24].

Дар вақти навиштани коди барномавии компютерӣ бояд ба инобат гирифта шавад, ки одатан масъалаи барномасозии динамикӣ усули барномасозии баръаксро истифода мебаранд. Бинобар ин, дар вақти таҳияи барномаи компютерӣ ин қисм сохтори махсуси маълумот бо номи «стэк» мувофиқи мақсад аст. Душвории алгоритми тағйирёбии динамикии вақт ба монанди дигар масъалаҳои барномасозии динамикӣ душвории бисёраъзогиро соҳиб аст. Дар ҳолатҳои зиёд будани миқдори унсурҳои пайдарпай зарурати дар хотира нигоҳ доштани миқдори зиёди ададҳо ва иҷрои миқдори зиёди амалҳои арифметикӣ пеш меояд. Чунин камбудихоро дар ҳолати умумӣ тавассути истифода кардани усулҳои мутаносибгардонӣ дар ҳолатҳои хусусӣ қисман бартараф намудан мумкин аст.

1.4. Алгоритмҳои шинохти нутқ дар асоси шабакаҳои нейронӣ

Тамоми низомҳои шинохти нутқ шабакаи нейронӣ дар ҳадди аққал дар як қисми марҳилаи коркард шабакаҳои нейронҳои занҷирро истифода мебаранд. Сохтори нисбатан бомуваффақияти шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ барои

шинохти нутқ ин занцири дарози хотираи кӯтоҳмуддат мебошад ва яке аз усулҳои беҳтарин тавсифи амсилаҳо маҳсуб меёбад.

Умуман, рамзгузор-рамзкушо аз шабакаи нейронӣ маҳсуб ёфта, муаррифии андозагирии хурдтари маълумоти аслиро меомӯзад. Онро метавон ҳамчун усули кам кардани андоза дар муодилаи ғайрихаттӣ баррасӣ кард. Ҷояи асосии ҷорчӯба тақсими раванди ҳосил кардани маълумоти содиротӣ аст ва он ба ду зерраванд ҷудо карда шудааст: раванди рамзгузорӣ ва раванди рамзкушоӣ. Қисми рамзгузорӣ барои боварӣ ҳосил кардан оид ба маълумоти воридшаванда мебошад. Барои ин, амали инъикос, яъне рамзгузорӣ низ маълум аст, бояд маълумоти воридшавандаро ба фазои дигар инъикос кунад, яъне раванди истихроҷи объекти додашуда иҷро мешавад. Он вектори объектро аз маълумоти дохилшуда иқтибос мекунад. Акнун дар он вақте ки рамзгузор вектори пинҳонро тавлид мекунад, он вектори мазкурро ба рамзкушо медиҳад. Пас аз он рамзкушо аломатҳои вектори истихроҷшударо коркард мекунад ва дар асоси ин вектор додаҳои хориҷшударо ташкил мекунад, гарчанде аз додаҳои дохилшавӣ хурдтар бошад ҳам, муҳимтарин хусусиятҳо ва иттилооти дохилшударо дар бар мегирад.

Ҳам рамзгузор ва ҳам рамзкушо аз сохтори “нейронӣ” иборат мебошанд. Аммо сохтори рамзгузор метавонад вобаста ба намуди сигнали воридотӣ фарқ намояд. Масалан, барои матн ё дигар маълумоти воридотӣ шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ ҳамчун рамзгузор истифода мешавад, аммо шабакаи нейронҳои печон низ метавонад барои рамзгузори тасвирҳо истифода шавад. Сохтори рамзгузор ва рамзкушои нейронӣ дар солҳои охир ҳамчун роҳи ҳалли як қатор муаммо дар коркарди забони табиӣ, таҳлили компютерӣ ва шинохти нутқ истифода шудааст [23-24]. Ин сохтор метавонад дақиқии вазифаи шинохти нутқро ба таври назаррас беҳтар созад. Таъкид меравад, ки сохтори рамзгузор-рамзкушо одатан дар мавриди тавлиди пайдарпайии маълумоти матнӣ истифода мешавад.

Яке аз муаммои асосии рамзкушоӣ дар амсилаҳои ба рамзгузор-рамзкушо асосёфта, истихроҷ мебошад, ки вобастагии дарозмуддат ва ҳосил кардани

пешниҳодҳои гуногунро дорад. Ҳалли оддӣ ин муаммо истифодаи лонаҳои занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат мебошад. Боз як равиши дигар - рамзкушоҳои амиқтар бо истифода аз сохторҳои бисёрқабатаи шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ мебошад. Дар натиҷа амсила метавонад пешниҳодҳои нисбатан муфассал ҳосил кунад. Бо вуҷуди ин, истифодаи сохторҳои печидани рамзкушоӣ метавонад боиси мушкилоти нопадид шудани ҳатогӣҳо гардад. Барои пешгирӣ кардани ин ҳолат метавон механизми таваҷҷуҳро истифода бурд. Механизми таваҷҷуҳ – ин техникаи мутамарказонидашудаи таваҷҷуҳ ба қисмҳои гуногуни маълумоти воридотӣ дар ҳар як зинаи тавлиди маълумоти содиршаванда маҳсуб меёбад. Сохтори рамзгузорӣ бо таваҷҷуҳ чун равиши меъёрӣ барои тарҷумаи мошинӣ, шинохти объект дар намуди тасвир ва шинохти нутқ эътироф шудааст. Дар ин кор инчунин амсилаи “Шабакаи нейронии тоҷикӣ барои технологияи пешрафтаи нутқ” (Tajik Neural Network for Speech Advanced Technology – TajNN-SAT)-ро баррасӣ менамоем, ки он ба рамзкушоӣ ба таваҷҷуҳ асос ёфта, барои шинохти нутқ дар маҷмӯи додаҳои бо забони тоҷикӣ асос ёфтааст [35].

Одатан механизми таваҷҷуҳ барои беҳтар кардани кори шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ дар ҷорҷӯбаи рамзгузор-рамзкушо тарҳрезӣ шудааст. Ин як механизми маъмултаринест, ки дар аксарият меъморӣи нейронҳо истифода мешавад. Ҳангоми шинохти нутқ муҳим он аст, ки унсурҳои мавҷи садо дуруст коркард карда шаванд. Ин унсурҳо бо он тавсиф дода мешаванд, ки онҳо ба масъалаи баррасишаванда муносибати гуногун доранд. Масалан, дар супоришҳои визуалӣ бо ҷавоб ба саволҳо одатан объектҳо дар мавқеи аввал ҷойгиранд ва муҳимтар маҳсуб мешаванд.

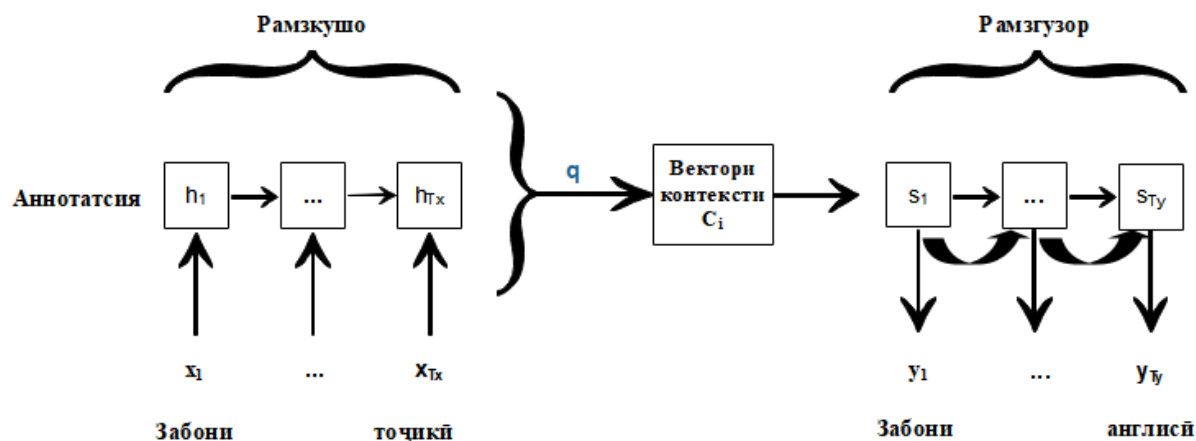
Ҳалли самарабахши чунин муаммо – ин дарёфти қисми мувофиқ аст, то ки низом захираҳои ҳисоббарориро барои маҷмӯи маҳдуди унсурҳои муҳим самаранок таъмин намояд. Чунин ҳалли муаммо қобили қабул аст, махсусан агар маълумоти воридшаванда аз иттилоот хеле бой бошад, масалан, дар шинохти нутқ, ки дар он сигналҳои воридшаванда метавонад дароз бошанд ва пайдарпаии аудиоӣ дошта бошанд. Равише ҷой дорад, ки ба омӯзиши мошинӣ

такия карда, кӯшиши алоқамандии унсурҳои воридшударо тавассути ҳисоб намудани мувофиқати ҳама гуна соҳаи маълумоти воридотӣ муайян кунад ва баъдан ҳангоми иҷрои вазифаи асосӣ ин қимматро ба назар гирад. Механизми таваҷҷуҳ яке аз паҳншудатарин ва хеле маъмул барои ҳалли ин муаммо маҳсуб меёбад. Аввалин олимон, аз қабили Богданов, Чо ва Бенгио механизми таваҷҷуҳро дар таҳқиқотҳои худ роҷеъ ба коркарди забони табиӣ барои ҳалли масъалаи тарҷумони мошинӣ ва шинохти нутқ истифода намудаанд.

Дар рафтори рамзгузор-рамзкушо барномарез бояд ҳамаи иттилооти муҳими аслан пешниҳодшударо ба вектори андозааш бақайдгирифташуда фишурда намояд. Ин метавонад боиси мушкилоти шабакаи нейронӣ ҳангоми амсиласозии маълумоти пешниҳодшуда гардад, махсусан оне, ки аз ҷумлаҳои захираи таълимӣ дарозтаранд. Бартарии ҷалби таваҷҷуҳ аз рамзгузор-рамзкушо асос дар он аст, ки он нисбати рамзгирии пайдарпаии дохилшавиро дар як вектори андозааш муайян ба қайд гирифта намешавад. Бар ивази ин, он маълумотҳои воридшударо дар пайдарпаии векторҳои амиқи шарҳдодашуда, ки барои ҳар як қадами мушаххаси вақти баромад филтр карда мешаванд, рамзгузорӣ мекунад. Баъдан он маҷмӯи мутаносиби ин векторҳоро ҳангоми рамзкушоӣ ва тавлиди маълумотҳои хориҷшаванда дар ҳар як қадам интиҳоб мекунад. Механизми таваҷҷуҳ дар баробари ҳамоҳангсозӣ боз ба тарҷума нигаронида шудааст. Ҳамоҳангӣ, яъне муқоиса кардани кадоме аз қисмҳои пайдарпаии дохилшавӣ ба ҳар як калимаи баромад ва бо воситаи тарҷумаи шабака кӯшиш мекунад, ки маълумоти мувофиқро нишон диҳад, то ки натиҷаи мувофиқро интиҳоб кунад [46].

Барои дарёфти натиҷаи мувофиқ, функсияи тақсимот истифода мешавад, ки дар андозаҳои гуногун ба монанди фазо, вақт ва ҳатто семантикаро ба назар мегирад. Ин ҳам имконияти пайгирӣ кардани таваҷҷуҳро оид ба маълумоти воридшуда бо додаҳо дар ҳолати муқоиса намудан бо қолаби додашуда дар бораи монандӣ ва ё аҳамият доштан асос ёфтааст. Бо вучуди ин, механизми таваҷҷуҳ метавонад ҳудаш мафҳуми иттилооти мувофиқро омӯзад, аз ин рӯ, он метавонад муаррифиё эҷод кунад, ки маълумоти муҳим бояд ба он монанд

бошанд. Дар натиҷа, бо ворид кардани донишҳо ба амсилаи нейронӣ, тавачҷуҳ низ метавонад дар ҳалли масъалаҳои бунёдии зехни сунъӣ нақш бозад. Бо назардошти гуфтаҳои болоӣ дар расми 1.9 сохтори рамзгузор-рамзкушо бо механизми диққат намуди зеринро дорад:



Расми 1.9 - Шабакаи нейронии рамзгузор-рамзкушо

Дар расми 1.9. намунаи тарҷумаи мошин, яъне пайдарпаии дохилшавии маълумот ба забони тоҷикӣ ва содироти он бо забони англисӣ нишон дода шудааст. Муҳимият он аст, ки тавачҷуҳ ду таъсири мусбат дорад: якум, он кори шабакаро беҳтар мегардонад ва дуюм, рафтори шабакаҳои нейрониро, ки дарки он душвор аст, шарҳ медиҳад [50-51].

Дарк намудани рафтори шабакаҳои нейронӣ душвор аст, зеро маълумоти содиротӣ аз худ унсурҳои ададиро мемунад, ки худ аз худ ягон воситаи тафсираро таъмин намеkunанд. Тавачҷуҳ ба ҳалли ин мушкилот кӯмак намуд, ки ҳисоб кардани вазнҳо ва пешниҳоди маълумоти дахлдор роҷеъ ба натиҷаҳои шабакаи нейронӣ муайян карда шавад. Аз ин рӯ, он қодир аст, ки номуайянии баромади шабакаи нейрониро шарҳ диҳад.

Яке аз амсилаҳои маъмул дар ин самт амсилаи TajNN-SAT ба ҳисоб меравад, ки он ба шабакаи нейронии рамзгузор-рамзкушо тааллуқ дошта, ба тавачҷуҳ асос ёфтааст ва кӯшиш мекунад, ки чӣ гуна сохтани транскрипти сигнали аудиоиро дар як вақт омӯзад. Баъзе самтҳои дигаре низ ҷой доранд, ба

монанди таснифоти муваққатии пайвастшавӣ ва амсилаҳои пайдарпай ба пайдарпайи бо таваҷҷуҳ. Таснифоти муваққатии пайвастшавӣ – ин алгоритми ҷорӣ кардан ва баҳодиҳии кори шабакаи нейронӣ мебошад, ки барои омӯзиши амсилаи пайдарпай дар фосилаи вақт тағйирёбанда истифода карда мешавад. Тахмин меравад, ки аломатҳои маълумоти содиротӣ дар таснифоти муваққатии пайвастшавӣ шартан аз ҳамдигар вобаста нестанд. Гузашта аз ин, дар муносибати пайдарпайи танҳо пайдарпайии фонемаҳо ба назар гирифта мешавад [67].

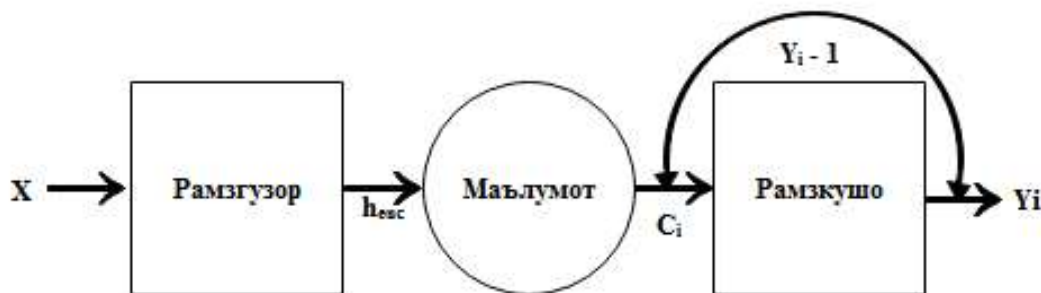
Дар фарқият бо муносибатҳои муосири қаблӣ, ки ҷузъҳои акустикиро ба талаффуз, амсиласозии забон ва омӯзиши онҳо мустақилона тақсим менамояд, амсилаи TajNN-SAT кӯшиш мекунад, ки ин мушкилоти омӯзиши ҷудогонаро бо истифода аз низоми омӯзиши рамзгузор-рамзкушо дар асоси таваҷҷуҳи хаттӣ ба пайдарпайӣ ислоҳ намояд.

Амсилаи TajNN-SAT рамзгузорро ба худ ҳамчун талаффузёбанда ва рамзкушоро ҳамчун шунаванда қабул менамояд. Рамзгузор аз ду қабати пирамидашакли занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддати дучониба иборат аст, ки сигналҳои нутқи дараҷаи пастро ба функсияи сатҳи баландтар табдил медиҳад. Қабати тафтиши имло ин кушодани рамзи ба таваҷҷуҳ асосёфта мебошад, ки ин функсияҳои сатҳи баландро истифода мебарад ва маълумоти баромадро дар шакли тақсимои эҳтимолият аз рӯйи хусусияти рамзҳо бо истифода аз механизми таваҷҷуҳ истеҳсол мекунад. Дар умум, хусусиятҳои ҳам талаффузёбанда ва шунаванда дар якҷоягӣ омӯхта мешаванд.

Дар расми 1.10 се модул дар амсилаи TajNN-SAT нишон дода шуда, сохтори пирамидашакли он бо ду ҷузъи алоҳида тасвир шудааст. Чуноне, ки дар расм дида мешавад, рамзкушо хусусияти маҷбуркунии омӯзишро истифода мебарад. Ин маънои онро дорад, ки сигнали хориҷшавии дараҷаи қаблӣ ба қабати ҷории рамзкушо ҳамчун воридшавӣ интиқол дода мешавад.

Талафқунанда дар амсилаи TajNN-SAT як пирамидашакли занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддати дучониба рамзгузории дохилшавӣ x ба функсияҳои сатҳи баланд h дида метавонад. Ҳамзамон рамзкушо шунаванда,

ки ба таваҷҷуҳ асос ёфтааст, аломатҳои y -ро аз h эҷод мекунад. Рамзгузор занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучонибаро бо сохтори пирамидашакл истифода мебарад. Ин сохтори пирамидашакл аз рӯйи дарозии h (намояндаи сатҳи баланди маълумоти дохилшавӣ x) кам мешавад. Бо сабаби раванди мураккаб доштани рамзкушо содироти додаҳои дахлдор аз миқдори зиёди қадамҳои муваққатии воридшавӣ аз ҷониби занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучонибаи оддӣ хеле суст муттаҳид мешавад. Аз ин рӯ, истифодаи шакли пирамидаи занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба муфид аст, зеро он андозаи вақти рамзкушоиро кам мекунад, то ки ба камшавии ҳисоббарорӣ мураккаб оварад. Дар натиҷа, амсилаи таваҷҷуҳ метавонад маълумоти дахлдорро дар марҳилаҳои камтари вақт дарёфт кунад.



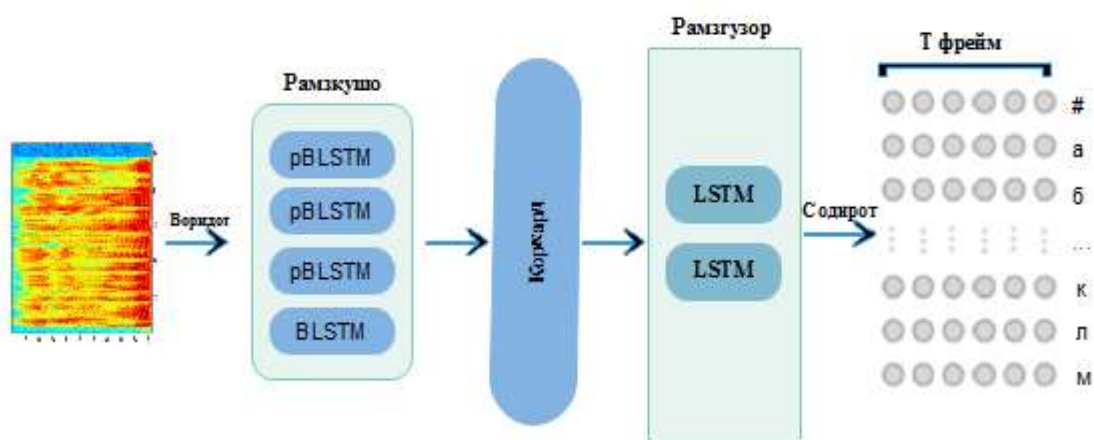
Расми 1.10 - Ҷузъҳои амсилаи TajNN-SAT

Гузашта аз ин, дар асоси меъмории амиқ, дар амсила ҳам маълумоти талаффузёбанда ва шунаванда ба муаррифии ғайрихаттии омӯзиши маълумот қодир аст [68-69].

Қисми дуюми амсила рамзкушо мебошад. Рамзкушо табдилдиҳии занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддатро дар асоси амсилаи таваҷҷуҳ истифода мебарад. Дар ҳар як қадам табдилдиҳанда тақсимооти эҳтимолиятро аз рӯйи аломатҳои зерин аз ҳисоби ҳамаи рамзҳои қаблан дидашуда ва вектори рамзгузори додашуда тавлид мекунад. Дар ин таҳқиқот, як намуни Мел-спектрограммаи логарифмӣ ҳамчун маълумоти воридотӣ тавассути рамзгузор бо се қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучонибаи пирамидашакл бо андозаи 256 катакҳо дар болои қабати он барои ба даст овардани як қатор

векторҳои таваччуҳ гузаронида мешавад. Векторҳои таваччуҳ ба ду қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддат дар якҷоягӣ бо катакҳои 18 бо андозаи 512, ки нишонаҳоро барои рамзкушоӣ медиҳад, ворид карда мешавад [76].

Дар интиҳо матни хориҷшаванда бо истифода аз дараҷаи басомади ҳатогиҳо дар рамзҳо арзёбӣ мешавад. Дар расми 1.11 амсилаи TajNN-SAT нишон дода шудааст, ки дар асоси он лоиҳа шинохти нутқ бо забони тоҷикӣ амалӣ карда шудааст. Дар асоси сохтори дақиқ ва амиқи ба даст оварда, низоми шинохти нутқ бо забони табиӣ истифода бурдан имконпазир мегардад.



Расми 1.11 - Сохтори амсилаи TajNN-SAT аз воридшавӣ то содироти маълумот

Дар робита бо натиҷаҳои умедбахши шабакаҳои нейронии бисёрқабата қариб ҳамаи амсилаҳои кунунии шинохти худкори нутқ дар сарчашмаҳои илмӣ вариантҳои шабакаи нейронии бисёрқабата истифода мешаванд. Масалан, шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ ва махсусан занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддат дар вақтҳои охир дар низомҳои муосири шинохти нутқ истифода мешаванд. Гузашта аз ин, шабакаҳои амиқи занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддат дар муқоиса бо шабакаҳои нейронии бисёрқабата ба пеш пайваستшуда, дар вазифаҳои шинохти нутқ самарائي хубро нишон доданд. Ба ғайр аз шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ, истифодаи шабакаи нейронҳои печон инчунин як вариант барои мушкилоти омӯзиши пайдарпай дар шинохти нутқ

маҳсуб меёбад. Таҷриба нишон медиҳад, ки омезиши шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ ва печон низ дар шинохти нутқ натиҷаҳои дақиқро дорад.

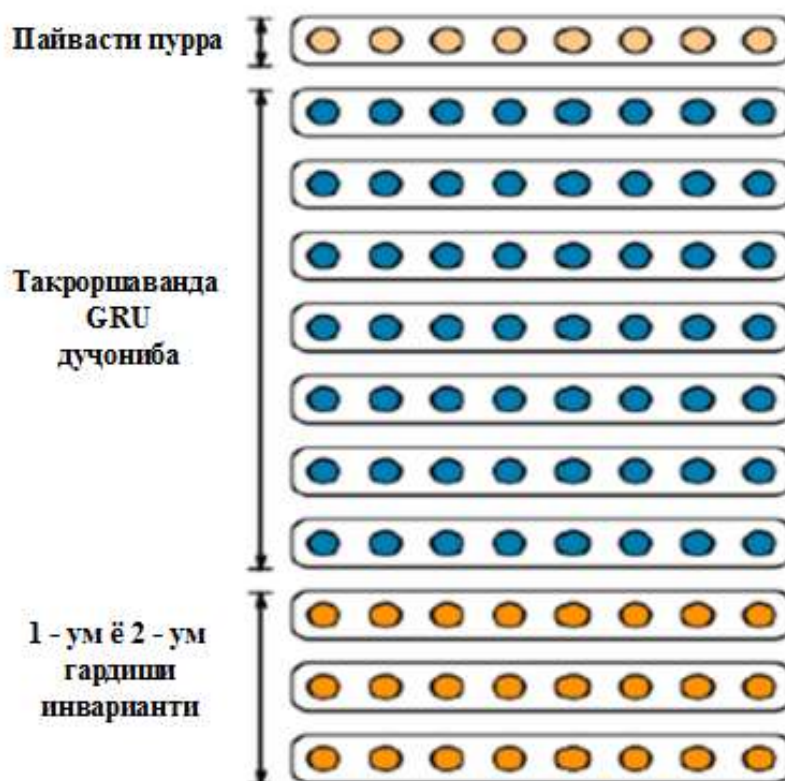
Дар доираи таҳқиқот дар низоми шинохти нутқ дар асоси шабакаи нейронҳои печон дар маҷмӯи маълумоти корпуси забони тоҷикӣ дар лоиҳаи Tajik-Corpus натиҷаҳои умедбахш нишон дода шудааст. Дар асоси қобилияти ин амсила шабакаи нейронҳои печон мавриди истифода қарор дода мешавад ва ки натиҷаҳои асосӣ дар масъалаи шинохти нутқ ба маҷмӯи маълумоти тоҷикӣ дар Taj-Speech-Corpus овардашуда чӣ гуна хоҳанд буд. Барои самаранокии миқёси амсилаи таҳияшаванда ин лоиҳа шумораи гуногуни қабатҳои нуктаҳои болоиро пеш аз қабатҳои занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддати дучониба илова мекунад. Мақсади аввалаи ин то чӣ андоза шабакаи нейронҳои печон ба дақиқии мушкilotи шинохти нутқ таъсири худро мерасонад, ба ҳисоб меравад.

Чуноне, ки аз сарчашмаи дида мешавад, онҳо инчунин дар вазифаи шинохти визуалӣ шабакаи нейронҳои печонро нисбатан амиқтар истифода менамоянд ва аз он баҳра мебаранд. Гузашта аз ин, пас аз натиҷаҳои таҳқиқоти қаблӣ, барои беҳтар кардани дақиқӣ, сохтори дарахтшакл пешниҳод карда мешавад ва ба ҷои зиёд кардани ҳар як қабат ба шабака қабатҳои пинҳонии бештари амиқ илова карда мешаванд.

Барои истихроҷи маҷмӯи унсурҳои занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат дар якҷоягӣ бо қабатҳои нуктаҳои болоӣ натиҷаи хеле хуб медиҳад. Дар [82] ва [42] муҳаққиқон тавонистанд бо истифода аз ин омезиши шабакаи нейронҳои печон ва занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат ба натиҷаҳои хуб ноил шаванд. Истифодаи шабакаи нейронҳои печон дар илова бо шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ ба беҳбудӣ дар меъморӣ шабака мерасонад ва самаранокии худро махсусан барои осон кардани омӯзиши муосир исбот кард. Аз ин рӯ, сохтори пешниҳодшаванда унсурҳои калидии амсилаҳои хаттӣ бо пайдарпайии рамзҳо такмил дода мешавад.

Дар [105-106] таҳқиқот сохтори шабакаи нейронӣ дар асоси алгоритми занҷири думарҳилаи ибтидоии акустикаи омӯзишӣ истифода карда мешавад.

Амсила аз як ё якчанд қабатҳои нуқтаҳои болоӣ оғоз мешавад ва пас аз он як ё якчанд қабатҳои такрорӣ илова карда мешавад, ки он як қабати пурраи пайвастшуда, яъне қабати охирини шабака хоҳад буд. Дар расми 1.12 меъморӣ ин амсила нишон дода шудааст.



Расми 1.12 - Сохтори шабакаи нейронӣ барои омӯзонидани нутқ

Таҳқиқот нишон медиҳад, ки истифодаи маҷмӯи занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба ва қабатҳои максималии муттаҳидшавӣ дар ҳулосаи забони табиӣ натиҷаҳои муосирро фароҳам меорад [90, 22]. Аз ин рӯ, сохтори амиқи занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба бамаврид истифода карда мешавад ва пас аз ҳар як қабат, ихтиёран як қабати ҳадди аксарро дар андозаи вақт илова карда мешаванд. Дар ин маврид дарозии объекти дохилшаванда нисбатан кӯтоҳ мегардад. Пайдарпайии калимаҳои $T (w_1, \dots, w_T)$ чун маълумоти воридотӣ дода шудааст, қабати занҷир бошад, маҷмӯи векторҳои $(h_1, \dots, h_T)$ ба сигналҳои содиротӣ табдил медиҳад. Ҳар як $h_t \in (h_1, \dots, h_T)$ пайвастагии қабатҳои рост ва баръакси занҷири дарози хотираи

кӯтоҳмуддат дар занҷири дучониба мебошад. Андозаи баромади қабати максималии ҷамъшуда бо андозаи ht якхела аст. Барои ҳар як ҷенкунӣ муттаҳидшавии максималӣ ба қимати максималӣ ба воҳиди ҷенкунии пинҳонӣ ($h_1, \dots, h_t$) бармегардонад.

Дар умум, барои ноил шудан ба масъалаи шинохти нутқ бо забони тоҷикӣ алгоритми занҷири думарҳилаи ибтидоии акустикаи омӯзишӣ барои шабакаи нейронӣ таҳқиқ карда шуд. Имконияти пайгирии маълумоти воридотӣ, яъне овози талаффузшаванда ва маълумоти содиротӣ – овози шунидашаванда дар асоси амсилаи шабакаи нейронии печон ба даст оварда шуд. Дар мавриди навбатӣ, масъалаи сохторбандӣ ва шинохти ҷараёни нутқ бо истифодаи имконияти занҷири думарҳилаи ибтидоии амсилаи акустикӣ ва омӯзонидани он барои шабакаи нейронӣ ба вуҷуд меояд. Марҳилаҳои ҳалли масъалаи зикршуда дар боби навбатии диссертатсия баррасӣ карда мешаванд [132-133].

Хулосаи боби якум

Дар натиҷаи таҳқиқот ва таҳлили усулҳои амиқ дар пешрафти технологияи овозӣ ва соҳа дар давраи зиёда аз 20 сол муайян гашт, ки шумораи замимаҳои шинохти овоз ва нутқ аз се зинаи асосӣ иборат мебошад: зинаи якум сигнал, зинаи дуюм – садо ва сеюм – зинаи забон.

1. Таҷрибаи солҳои охир нишон медиҳад, ки технологияи шинохти нутқ бо истифодаи технологияҳои рақамӣ дар байни ширкатҳои мобилӣ босуръат азхуд гардида, татбиқи он дар соҳаҳои гуногун, дар мисоли муассисаҳои таълимӣ, бонкдорӣ, маркетинг, тандурустӣ возеҳ ба ҷашм мерасад.

- дар муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ: ҷустуҷӯи ҳуҷҷатҳо дар компютер; дархости ҷопи мавод; ташкили конференсҳои видеоӣ; ҷадвали таъинот.

- дар фаъолияти бонкдорӣ: дар бораи бақияи суратҳисоб ва таърихи муомилот; пардохтҳо; саволҳо роҷеъ ба қарздиҳӣ; таҳлили дархостҳои муштариён.

- *дар самти фаъолияти тиббӣ*: чустучӯи фаврии иттилоот; пардохтҳо; дастрасии зуд ва ҳадафмандона ба иттилооти зарурӣ; равандҳои такрорӣ ва кадамҳои дастурии мушаххас; усули самараноки ворид кардани маълумот ва иттилоот.

2. Муайян карда шуд, ки якчанд амсилаҳои пешниҳоди сигнали нутқ мавҷуданд:

- соддатарин амсилаи рақамӣ;
- амсилаи дискретии содакардашуда;
- коэффисиенти пешгӯии хаттӣ;
- усули появии Мел-филтр;
- амсилаи пинҳонии Марков;
- N-gram амсилаҳо.

3. Вобаста ба масъалаи шинохти нутқ, ки дар боло муайян карда шуданд, низомҳои гуногуни шинохт қой дошта, аз ҳам чунин фарқият доранд:

- низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи луғат;
- низомҳои шинохти нутқ аз талаффузкунанда вобаста ё новобаста;
- низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи намуди маълумоти овозӣ;
- низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи таъинот (низомҳои дикташаванда, низомҳои фармонӣ);
- низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи алгоритми истифодашаванда (шабакаҳои нейронӣ, амсилаҳои пинҳонии Марков, барномасозии динамикӣ);
- низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи намуди воҳидҳои сохторӣ (ибора, калима, фонема ва ғайра);
- низомҳои шинохти нутқ аз рӯйи принципи ҷудокунии воҳидҳои сохторӣ, яъне шинохт аз рӯйи қолаб, ҷудокунии унсурҳои луғавӣ.

4. Амсилаҳои асосӣ, ки дар он усулҳои фаъоли таҳлил ва синтези нутқ таҳлил карда мешаванд, балки баъзе амсилаҳое, ки дар айни ҳол мустақиланд, истифода карда мешаванд. Аммо агар норасоии ҳар яке аз амсилаҳоро ба назар гирем, дар асоси таҳлили хаттӣ ё дар асоси амсилаи пинҳонии Марков, бояд гуфт, ки дар ҳар яки онҳо омилҳое мавҷуданд ва дастаи нутқро пурра ифода

карда наметавонанд [121]. Усулҳои асосӣ, ки метавонанд асоси ҳама гуна усулҳои мураккабро дар низомҳои шинохти нутқ ташкил диҳанд, чунинанд:

- шинохт бо луғат;
- усулҳо бо амсилаи пинҳонии Марков асосёфта;
- усуле, ки ба истифодаи порчаҳои панчарагӣ асос ёфтаанд;
- усули муайян кардани нуктаҳои ниҳой дар як калима.

5. Инчунин таҳқиқот муайян кард, ки шумораи лоиҳаҳои давраи нав бо истифоди шабакаи нейронӣ ба даст оварда шудаанд. Амсилаҳои ба монанди шабакаҳои нейронҳои печон, шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ, занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати якҷониба ва дучониба барои таъмини асосҳои назариявӣ ва амалии шинохти нутқ барои забонҳои англисӣ, русӣ, арабӣ, хитой ва форсӣ васеъ истифода карда шудаанд. Барои ноил шудан ба ҳадафҳои асосии диссертатсия аз байни амсилаҳои номбаршуда амсилаи занҷири думарҳилаи ибтидоии акустикаи омӯзишӣ барои шабакаи нейронӣ таҳқиқ карда шудааст.

6. Дар асоси хулосаи назариявӣ ва появӣ барои ба даст овардани мақсад ва масъалаҳо диссертатсия коркарди амсилаи “Шабакаи нейронии тоҷикӣ барои технологияи пешрафтаи нутқ” (Tajik Neural Network for Speech Advanced Technology – TajNN-SAT)-ро ба роҳ монда мешавад, ки ба рамзкушоии ба таваҷҷуҳ асос ёфта, барои шинохти нутқ дар маҷмӯи додаҳои бо забони тоҷикӣ асос меёбад. Амсилаи TajNN-SAT рамзгузорро ба худ ҳамчун талаффузёбанда ва рамзкушоро ҳамчун шунаванда қабул менамояд. Рамзгузор аз ду қабати пирамидашакли занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба иборат аст, ки сигналҳои нутқи дараҷаи пастро ба функсияи сатҳи баландтар табдил медиҳад. Қабати тафтиши имло ин кушодани рамзи ба таваҷҷуҳ асосёфта мебошад, ки ин функсияҳои сатҳи баландро истифода мебарад ва маълумоти баромадро дар шакли тақсимои эҳтимолият аз рӯи хусусияти рамзҳо бо истифода аз механизми таваҷҷуҳ истехсол мекунад. Дар умум, хусусиятҳои ҳам талаффузёбанда ва шунаванда дар якҷоягӣ омӯхта мешаванд [117].

БОБИ 2. ТАРҲРЕЗИИ АМСИЛАҲО ВА УСУЛҲОИ ШИНОХТИ НУТҚ

2.1. Амсилаи математикии симои рақамии нутқ

Ҳамин тариқ, таҷриба нишон медиҳад, ки пас аз коркарди ибтидоии нутқ маҷмӯи фреймҳо, ки ба калимаи муайян мувофиқ аст, ба даст оварда мешавад. Барои муқоисакунии маълумоти ҳосилшуда ва маҷмӯи калимаҳои додашуда муайянкунии метрика зарур аст. Дар асоси воҳидҳои муайяншуда масофаи байни векторҳои фреймҳои овозӣ ва векторҳои маҷмӯи қиматҳои инъикоси масъалаи шинохт ҳисоб карда мешавад ва вобаста ба наздикшавии векторҳо мувофиқат муайян карда мешавад [109].

Ба сифати метрика, масалан, қимати миёнаи квадратино гирифтани мумкин аст, ки намуди зеринро дорад:

$$\rho = \sqrt{\frac{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}{n}} \quad (2.1)$$

ки дар ин ҷо n – миқдори қиматҳои қабулшуда дар маҷмӯи фреймҳо, x_i , y_i , $i = \overline{1, n}$ – мутаносибан ҷузъҳои векторҳои соҳаи муайяни ва қиматҳои инъикоси масъалаи шинохт мебошанд. Вале чунин метрика аз сабаби калон будани қимати n ва на барои ҳама гуна қимати i , $i = \overline{1, n}$ мавҷуд будани маълумоти зарурии раванди шинохт натиҷаи дилхоҳро намедиҳад. [121]

Нутқи инсон сигнали душвор ба ҳисоб меравад ва ин душворӣ аз рӯйи мавҷуд будани миқдори зиёди хусусиятҳои нутқи инсон вобаста аст. Хусусиятҳои нутқи инсонро дар сатҳҳои гуногун, масалан, сатҳи акустикӣ, маъноӣ, забонӣ, равонӣ ва ғайра маънидод намудан мумкин аст. Ҳар як шахс дорои овози нодир аст ва ҳатто дар ҳолате, ки ҳамон як шахс ҳамон як калимаро талаффуз мекунад, натиҷаҳои ҳосилшаванда якхела нестанд. Бинобар ин, соҳаи таҳлили компютери нутқ самти афзалиятноки таҳқиқоти илмиро ташкил медиҳад.

Шинохти фармони овозӣ – ин муайянкунии калимаи талаффузшуда бо роҳи муқоисакунии он бо калимаҳое мебошад, ки ҳамчун пойгоҳ пешакӣ нигоҳ дошта шудаанд. Муайянкунӣ маънои онро дорад, ки бо роҳи муқоисакунӣ мувофиқати бехтарини калимаи талаффузшуда бо калимаҳои маҷмуи пешакӣ нигоҳдошташуда муайян карда мешавад, яъне муқоисакунии намунаҳои як овози нутқӣ бо намунаҳои овозии нутқи дигар. Чунин масъалаҳо дар ташкили интерфейсиҳои истифодабарии овозӣ васеъ истифода мешаванд.

Низоми дилхоҳи шинохти нутқ аз ду қисм иборат мебошад: қисми гирифтани маълумоти овозӣ ва таснифкунанда ва ё амсила. Раванди ҷудокунӣ нишонаҳои овозӣ ба қисми гирифтани маълумоти овозӣ аз маълумотҳои коркарднашудаи сигнали овозӣ, ин марҳила дар боби якум тавсиф карда шудааст, тааллуқ дорад. Ҷудокунӣ нишонаҳои овозӣ зарур ва ҳатмӣ аст, зеро сигнали аз вақт вобаста ба соҳаи муайянкунии он вақт ба ҳисоб меравад, маълумоти изофагии миқдоран калонро дорад ва мувофиқгузори бевоситаи онҳо ғайриимкон аст. Хусусиятҳои барои муқоисакунӣ зарурӣ бояд аз рӯйи нерӯӣ сигнал ҷудо карда гирифта шаванд ва дар худ маълумотҳои изофагиро набояд дошта бошанд. Дар [126] баробари ин, нишонаҳои овозии ҷудокардашуда набояд аз нишонаҳои овозие, ки ҳамчун пойгоҳ истифода мешаванд, фарқи кулӣ дошта бошанд.

Барои баланд бардоштани сатҳи шинохти нутқ ва ё фармони овозӣ зарурати хориҷ намудани маълумоте, ки барои шинохти нутқ таъсир намерасонанд ё кам таъсир мерасонанд. Интиҳоби танҳо он басомадҳое, ки вобаста ба нутқи инсон хос аст, таҳқиқот гузаронида мешавад.

Яке аз роҳҳои кам намудани миқдори маълумотҳои овозии коркардшаванда ва ивази онҳо ба коэффисиентҳои табдилдиҳии дискретии Фурье ба ҳисоб меравад. Табдилдиҳии дискретии Фурье оиди сигнали нутқ спектри ин сигналро тасвир мекунад. Азбаски табдилдиҳии дискретии функсияи Фурье ба функсияи маҷмӯавӣ баробар аст, одатан танҳо қиматҳои спектр ба назар гирифта шуда, коэффисиентҳои қисми ҳақиқии қимати

маҷмӯавии спектр, қиматҳои фазаи он, коэффисиентҳои қисми мавҳуми қимати маҷмӯавии спектр ба назар гирифта намешаванд [120].

Роҳи дигари кам намудани миқдори қиматҳои басомад дар сигнали овозӣ табдилдиҳӣ тавассути муайян намудани коэффисиентҳои кепстралии Мел-басомадҳо (Mel-frequency cepstral coefficients – MFCC) иҷро карда мешавад [6]. Ин коэффисиентҳо бо роҳи табдилдиҳии сигнали Фурье ва баъд аз он ҳисобкунии қимати мутлақи коэффисиентҳои табдилдиҳӣ, логарифмронӣ ва дар охир, табдилдиҳии баръакси Фурье ҳосил карда мешаванд. Дар натиҷаи табдилдиҳиҳои қайдшуда ададҳои маҷмӯавии ҳосилшударо коэффисиентҳои кепстралӣ меноманд. Ин равандро муфасссал мавриди таҳлил қарор медиҳем.

Кепстр дорои хосиятҳои муҳими мӯҷаз кардани маълумотро соҳиб аст ва маълумотҳои асосии спектр асосан дар коэффисиентҳои кепстралии аввал инъикос мешаванд. Бинобар ин зарурати ҳосилкунӣ, нигоҳдорӣ ва баназаргирии ҳамаи коэффисиентҳо дар фрейм аз байн меравад.

Бори аввал мафҳуми «кепстр» дар таҳқиқоти ворид карда шудааст. Дар он муайян карда шудааст, ки логарифми спектри тавоноии лаппиш, ки сигнали инъикосшударо дорад, дорои ҷузъи аддитивии даврии аз тарафи ин сигнал сохташуда мебошад. Бинобар ин табдилдиҳии Фурье аз логарифми спектри тавоноӣ нуқтаи қимати калонтаринро дар он ҷойе, ки таъхири инъикоси сигнал ҳаст, дорад. Ин функсия бо мафҳуми «кепстр» номгузорӣ карда шудааст. Кепстр дар забони англисӣ cepstrum навишта шуда, он аз калимаи спектр – spectrum сохта шудааст (айнан ба монанди ҳамин мафҳумҳои «quefrequency» аз калимаи басомад (frequency) ва «saphе» аз калимаи фаза (phase) ворид карда шудаанд.

Баҳодиҳии миқдории овоз аз рӯи баландӣ ба коркарди омории миқдори зиёди маълумот роҷеъ ба дарки субъективии баландии оҳангҳои овоз асос ёфтааст. Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки баландии садо асосан аз басомади ларзиш вобаста буда, ҳамзамон аз сатҳи баландии садо ва тембри он низ вобастагӣ дорад. Ларзиши садо бо басомади 1000 Гтс дар фишори самараноки садои $2 \cdot 10^{-3}$ Па, яъне дар сатҳи баландии 40 фон, аз пеш ба

шунавандаи дорои шунавоии муқаррарӣ боиси дарк кардани баландии садо мегардад, аз рӯйи муайянкунӣ дар 1000 мел баҳогузурӣ карда мешавад. Овози басомади 20 Гтс дар сатҳи баландии 40 фон, баландии сифр (0 мел)-ро дорад.

Мувофиқи маълумоти сарчашма [9] MFCC – ин як намуди тасвири нерӯӣ спектри сигнал ба ҳисоб меравад. Бартариҳои истифодабарии онро чунин шарҳ додан мумкин аст:

- спектри сигнал, яъне, паҳнкунии сигнал аз рӯйи заминаи функцияҳои ортогоналии косинусӣ (синусӣ) истифода мешавад, ки имконияти ба назар гирифтани хусусиятҳои мавҷии сигналро дар таҳлилҳои оянда фароҳам меорад;

- спектр ба mel-ҷадвали қиматҳои махсус инъикос карда мешавад, ки имконияти ҷудокунии қиматҳои маънидори басомадҳоеро дорад, ки барои қабули инсон мувофиқ аст;

- миқдори коэффисиентҳои ҳисобшавандаро метавон бо қимати дилхоҳ маҳдуд карда мешаванд. Масалан, дар таҳқиқоти иҷрошуда қимати 13 гирифта шудааст. Чунин интиҳоб имкон медиҳад, ки фреймҳо дар шакли маҷмӯъ табдил дода шаванд ва ба ин васила миқдори ҳисобкуниҳои компютерӣ кам карда шаванд.

Ҳисобкунии коэффисиентҳои MFCC-ро дар мисоли ягон фрейм дида мебароем. Бигзор фрейм дар намуди вектори $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, ки дар ин ҷо N – андозаи фрейм аст, тасвир шуда бошад.

Дар қадами аввал спектри сигнали ин фреймро тасвиркунанда бо ёрии табдилдиҳии дискретии Фурье табдил дода мешавад:

$$\widetilde{x}_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i k n}{N}}, \quad 0 \leq k < N \quad (2.2)$$

Илова бар ин, барои қиматҳои ҳисобкардашуда функцияи Хемминг [130]

$$H_k = \frac{27}{50} - \frac{23}{50} \cos \frac{2\pi k}{N-1}, \quad (2.3)$$

барои суфта кардани қиматҳо дар канорҳои фрейм татбиқ карда мешавад. Дар натиҷа чунин векторро ба даст овардан мумкин аст:

$$\widetilde{X}_k = \widetilde{x}_k \cdot H_k, \quad 0 \leq k < N. \quad (2.4)$$

Бояд ба назар гирифт, ки пас аз иҷрои чунин табдилдиҳӣ тири Ox басомадҳо ва тири Oy магнитударо ифода мекунанд.

Ҳисобкунии mel-коэффисиентҳо, ки воҳиди психо-физикии баландии овоз мебошанд, барои дарккунии он аз тарафи инсон ба ҳисоби миёна асос карда шудааст. Он, пеш аз ҳама, аз басомади овоз, баландӣ ва тембри он вобаста аст. Бинобар ин, тавассути он мо метавонем маълумотҳои дар фрейм мавҷудбударо аз рӯйи маълумоти барои шинохт зарурӣ баҳо диҳем.

Барои табдилдиҳии басомад (F) ба мел (M) аз формулаи зерин истифода бурдан мумкин аст [2-M]:

$$m = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right) = 1127 \ln \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (2.5)$$

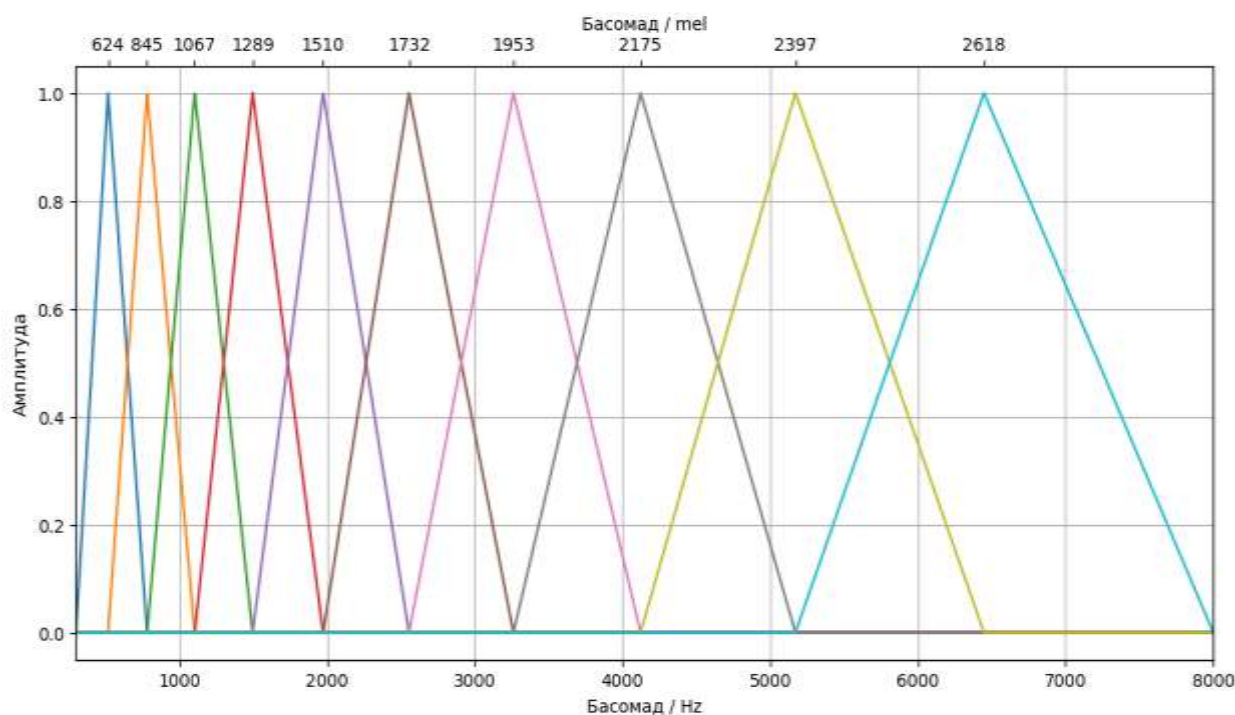
Дар ҳолати табдилдиҳии баръакс:

$$f = 700 \left(10^{\frac{m}{2595}} - 1 \right) = 700 \left(e^{\frac{m}{1127}} - 1 \right) \quad (2.6)$$

Бигузур дар мисоли баррасишаванда $N = 256$ бошад, яъне фреймҳои ҷудошуда дорои андозаи 256 бошанд. Басомади маълумоти овозии коркардшаванда онро аз сарлавҳаи файли овозӣ дастрас намудан мумкин аст, дар ҳамин фрейм 16000 hz қабул мекунем. Агар нутқи инсон дар порчаи [300; 8000] Гтс хобида бошад, он гоҳ миқдори Мел-коэффисиентҳоро баробар ба $M = 10$ эътироф мекунем.

Барои паҳнкунии спектри ҳосилшуда аз рӯйи mel-ҷадвал зарурати сохтани пайдарпайии филтрҳо пеш меояд. Ҳар як Мел-филтр бо унсури Мел-ҷадвал ин худ функсияи секунҷавӣ мебошад, ки имконияти ҷамъбасткунии

миқдори нерӯро дар порчаи муайяни басомадҳо фароҳам меорад ва ба ин роҳ Мел-коэффициентҳо ба даст оварда мешаванд. Миқдори Мел-коэффициентҳо ва порчаи зарурии басомадҳои таҳлилшавадаро пешакӣ муайян намуда, маҷмӯи филтрҳоро ташкил намудан мумкин аст (расми 2.1).



Расми 2.1 - Маҷмӯи mel-филтрҳои андозааш баробар ба 10

Бояд қайд намуд, ки нисбати Мел-коэффициентҳои рақами тартибиашон калон асоси филтри мувофиқ ба рақами тартибӣ диққат васеъ дода шавад.

Ҳамин тариқ, дар ҳолати баррасии басомадҳо пас аз табдилдиҳӣ ба Мел-чадвал аз рӯи формулаи (2.8) порчаи [300; 8000] ба порчаи [401,25; 2834,99] табдил меёбад [140-141].

Барои ташкили 10 адад филтрҳои секунҷавӣ 12 адад нуқтаҳои пойгоҳӣ заруранд. Порчаи қиматҳои ҳосилшударо ба 11 қисмҳои баробар аз рӯи формулаи зерин тақсим менамоем:

$$x_i = a + \frac{b-a}{n} \quad (2.7)$$

ки дар ин ҷо, x_i – қиматҳои тақсимот; a, b – мутаносибан қимати ибтидоӣ (401,25) ва интиҳоӣ (2834,99) порча; n – миқдори зарурии тақсимот ва $i = \overline{1, n}$ мебошанд. Дар асоси тақсимот маҷмӯи қиматҳои

$$m_i = \{401,25; 622,5; 843,75; 1065; 1286,25; 1507,5; 1728,74; \\ 1949,99; 2171,24; 2392,49; 2613,74; 2834,99\}$$

ҳосил мекунем, ки порчаи додашударо ба 11 порчаи баробар тақсим мекунанд. Бояд қайд намуд, ки дар Мел-чадвал нуқтаҳои тақсимот аз ҳамдигар дар масофаи баробар ҷойгир шудаанд. Қиматҳои тақсими ҳосилшударо бо истифода аз формулаи (2.2) баръакс ба басомадҳо табдил дода, ҳосил мекунем:

$$h_i = \{300; 517,33; 781,9; 1103,97; 1496,04; 1973,32; 2554,33; \\ 3261,62; 4122,63; 5170,76; 6446,7; 8000\}$$

Тавре ки аз ҷадвали тақсими басомадҳо бармеояд, тақсимот баробар намешавад ва ба таври оҳиста ва тадриҷан васеъ мегарданд. Дар натиҷа зиёдшавии қиматҳо барои басомадҳои қимати хурддошта ва калондоштаро баробар мегардонанд [145].

Тақсими ҳосилшударо ба спектри фрейм мувофиқ гузошта, қимати нуқтаҳои тақсими дар асоси таносуби ҳосилшаванда муайян кардан мумкин аст, чунончӣ: дарозии спектр 256 унсур ва ба он 16000 hz дохил мешавад. Аз таносуби ифодашуда формулаи зеринро ҳосил мекунем [3-М].

$$f_i = \left[(\text{Андозаи фрейм} + 1) \cdot \frac{h_i}{\text{басомад}} \right] = \left[\frac{256 \cdot h_i}{16000} \right] \quad (2.8)$$

Дар мисоли баррасишаванда чунин қимати нуқтаҳои пойгоҳиро ба даст меорем:

$$f_i = \{4,8,12,17,23,31,40,52,66,82,103,128\}$$

Аз рӯйи қиматҳои ҳисобкардашудаи нуқтаҳои пойгоҳӣ филтрҳои заруриро тартиб медиҳем:

$$H_m^k = \begin{cases} 0, & k < f_{m-1} \\ \frac{k-f_{m-1}}{f_m-f_{m-1}}, & f_{m-1} \leq k \leq f_m \\ \frac{f_{m+1}-k}{f_{m+1}-f_m}, & f_m \leq k \leq f_{m+1} \\ 0, & k > f_{m+1} \end{cases} \quad (2.9)$$

Барои истифодабарии филтрҳои (2.3), кифоя аст, ки онҳо чуфт-чуфт бо қиматҳои спектр зарб карда шаванд. Дар натиҷаи амали зарб мел-коэффитсиентҳоро ба даст овардан мумкин аст. Азбаски M адади филтр ҳисоб карда шудааст, бинобар ин миқдори коэффитсиентҳо низ M адад аст [13]:

$$S_m = \log(\sum_{k=0}^{N-1} |X_k|^2 \cdot H_m^k), \quad 0 \leq m \leq M. \quad (2.10)$$

Аммо Мел-филтрҳои ҳисобкардашуда бояд на ба қиматҳои спектр, балки ба қимати нерӯӣ онҳо зарб карда шаванд. Бинобар ин, пас аз ҷамъбасти натиҷаҳо бояд ба логарифм табдил дода шаванд. Дар чунин ҳолат сатҳи таъсири ҳалалҳо ба коэффитсиентҳо паст мегардад [2-М].

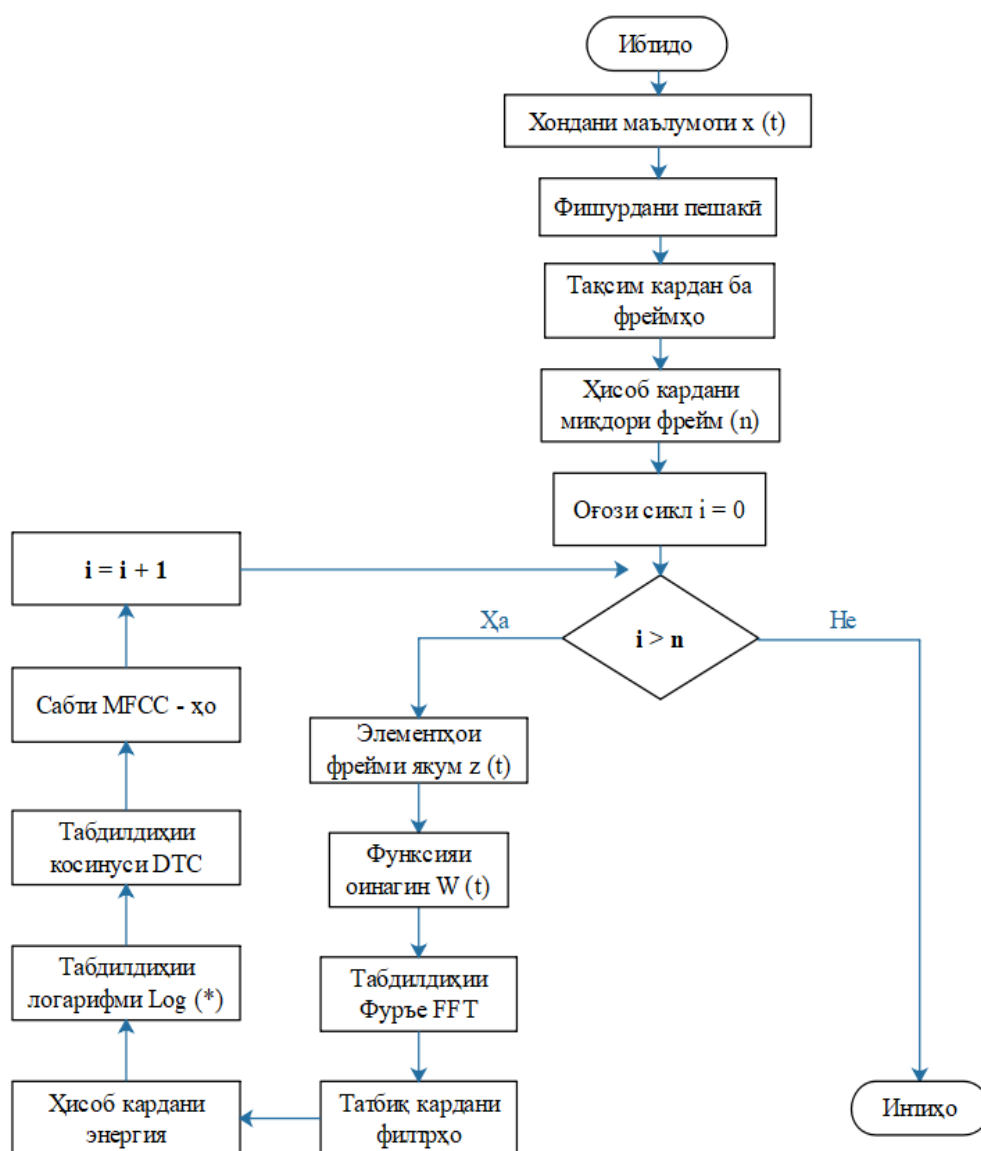
Дар интиҳо Мел-коэффитсиентҳои ҳисобкардашуда тавассути табдилдиҳии дискретии косинусӣ коркард шуда, коэффитсиентҳои кепстралӣ ба даст оварда мешаванд. Табдилдиҳии дискретии косинусӣ барои ҷамъ кардани натиҷаҳои ҳосилшуда бо роҳи баланд намудани қимати коэффитсиентҳои ибтидоӣ ва паст кардани коэффитсиентҳои интиҳоеӣ истифода бурда мешавад. Дар таҳқиқоти гузаронидашуда табдилдиҳӣ бо ёрии DCT-II иҷро карда шудааст, бидуни зарб кардан ба коэффитсиенти андозаи $\sqrt{2/N}$:

$$C_l = \sum_{m=0}^{M-1} S_m \cdot \cos\left(\frac{\pi}{M} \cdot \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot l\right), \quad 0 \leq l < M. \quad (2.11)$$

Ҳамин тариқ, ҳамаи коэффитсиентҳои кепстралӣ ҳисоб карда мешаванд. Мушоҳида кардан мумкин аст, ки табдилдиҳии қайдшуда инъикоси вектори

андозааш N -ро ба вектори андозааш M иҷро мекунад. Дар натиҷаи табдилдиҳӣ аз маълумоти сарчашмаи овозӣ танҳо он қисме, ки бевосита ба нутқи инсон тааллуқ доранд, гузошта шуда, таъсири маълумотҳои дигар ба инобат гирифта мешаванд ва хориҷ карда мешаванд. Ин имконият медиҳад, ки муқоисаи мувофиқати нутқи рақамӣ бо қолабҳо дақиқ гардад ва раванди шинохт яъне, мувофиқгузорӣ босуръат бо сарфаи вақт иҷро карда шавад. Ба чунин равиш босуръатии раванди шинохт таъмин мегардад.

Барои дақиқии шинохти нутқ дар расми 2.2 нақшаи таъминоти овоз дар амсилаи компютерӣ нишон дода шудааст [93].



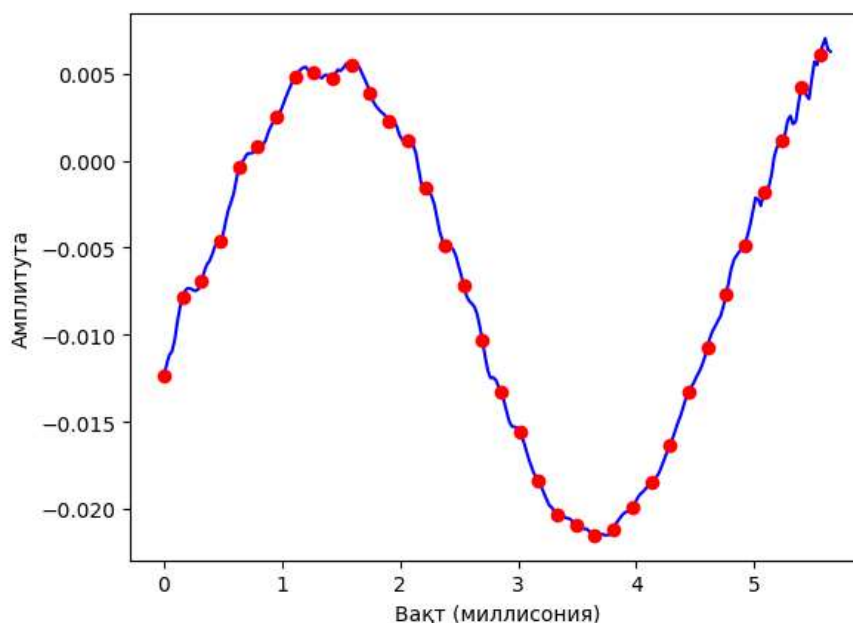
Расми 2.2 – Нақшаи таъминоти овоз дар амсилаи компютерӣ

Чуноне ки аз расми 2.2 дида мешавад, сигнали нутқ дар ҳудуди (0,9-1) аз поён бо таъкиди пешакӣ $s(n)$ ва ифодаи $y(n) = s(n) - \alpha s(n-1)$ ба шакли чорчӯба, яъне аз боло бо дарозии баробар ба m -нуқта танзимкардашуда, дар маҷмӯъ аз боло бо n -нуқта ва дар поён бо $n =$ соҳаи FFT ба блоки миқёси хурди филтркунӣ ва пас аз он ба Log ва DCT ворид мешавад, яъне дар охир вектори функсияи MFCC, (омори MFCC)-ро ташкил менамояд [18-20].

2.2. Усулҳои таҳлили хусусиятҳои воҳидҳои овозӣ

Маълум аст, ки нутқ – ин пайдарпайии овозҳо мебошад. Овоз дар навбати худ аз мавҷеи олии лаппишҳои овозӣ ва ё мавҷҳои басомадашон гуногун иборат аст. Мавҷ одатан аз рӯйи ду хусусият, аз нуқтаи назари физика, яъне бузургҳои амплитуда ва басомад муайян карда мешавад.

Барои нигоҳдории сигнал дар ҳомилҳои рақамӣ онро ба миқдори зиёди фосилаҳо тақсим мекунанд, (ниг. ба расми 2.3) ва ягон қимати миёнаро дар ин фосила барои нигоҳдорӣ қабул мекунанд. Ба ҳамин тариқ, лаппишҳои механикӣ ба маҷмӯи ададҳо табдил дода мешаванд, ки онҳоро тавассути компютер нигоҳ дошта, коркард ва интиқол кардан имконпазир аст.



Расми 2.3 - Дискретизатсияи сигналҳои овозӣ

Ҳамин тариқ, лаппишҳои механикӣ ба маҷмӯи ададҳо, ки онро дар компютер нигоҳ ё коркард кардан мумкин аст, табдил дода мешаванд.

Дар асоси қайдҳои боло гузориши масъалаи шинохти нутқ муайян карда мешавад, яъне мувофиқгузориҳои маҷмӯи қиматҳои ададӣ дар мисоли сигнали рақамӣ ва калимаҳои забони табиӣ, масалан, забони тоҷикӣ. Аз тарафи дигар, чунин талаботе, ки қаблан дар гузориши масъалаи диссертатсия гузошта шуда буданд, бояд ҷавобгӯ бошанд [23-24].

Дар таҳқиқоти мазкур маълумоти овозӣ аз файлҳои шаклашон WAV [80] гирифта мешаванд. Ин шакл яке аз шаклҳои маъмултарин буда, дар платформаҳои дилхоҳ дастрас мебошад.

Масъалаи гирифтани маълумоти овозӣ аз таҳлили сохтори файли WAV вобаста мебошад. Мувофиқи стандарти шакли мазкур [82], файл аз ду қисм иборат аст: якум, қисми сарлавҳа ва дуюм, қисми додаҳои рақамӣ (расми 2.4).



Расми 2.4 - Сохтори анъанавии шакли файли WAV

Дар қисмати сарлавҳавии файл маълумот роҷеъ ба битрейт, басомад, миқдори каналҳо, дарозии файл ва ғайра нигоҳ дошта мешаванд. Дар қисми дуюм, ки аз байти 44-уми файл оғоз меёбад, маҷмӯи қиматҳои амплитуда, ки овозро тавсиф мекунанд, нигоҳ дошта мешаванд. Вобаста ба ин, гирифтани маълумот аз файл аз хондани сарлавҳа, дастрас намудани маълумот роҷеъ ба файл ва маҳдудиятҳо, масалан, мавҷудияти ҷамъкунии маълумот ва

нигоҳдории маҷмӯи ададҳои овозро тавсифкунанда, яъне қимати амплитудаҳо дар массивҳо иборат аст.

Тавсифи баъзе аз майдони шакли WAV, ки дар гирифтани маълумот шарт аст, зарур аст. Чуноне ки аз расми 2.4. дида мешавад, маълумоти ибтидоӣ ба миқдори 4 байт дар файл идентификатори шакли файл бо номи ChunkID ишғол мекунад ва қимати он ба пайдарпайии рамзҳои «RIFF», ки қимати ададии 0x52494646 дар низоми ҳисоби шонздаҳиро дорад, баробар аст [86].

Майдони дигар барои коркард майдони NumChannels мебошад. Он дар мавқеи 22-юм ҷойгир буда, 2 байтро ишғол мекунад. Бояд қайд кард, ки тартиби ҷойгиршавии маълумот дар ин майдон ба тартиби хос мувофиқ мебошад ва байтҳои мувофиқ аз рост ба чап навишта мешаванд. Қимати он миқдори каналҳои овозиро ифода мекунад. Масалан, қимати 1 ба шакли моно, ва қимати 2 ба шакли стерео мувофиқ аст. Дар масъалаи шинохти нуқта танҳо шакли моно, ки иборат аз як канали овозӣ аст, кифоя мебошад. Дар ҳолате, ки миқдори каналҳои овозӣ зиёда аз як адад ҳастанд, онро пешакӣ коркард намуда, маълумотҳои овозиро ба шакли моно овардан мувофиқи мақсад аст.

Майдони SampleRate – басомади дискретизатсияи маълумоти овозиро ифода мекунад. Маҳз ҳамин андоза нишон медиҳад, ки дар вақти аз лаппишҳои механикӣ ба маҷмӯи ададҳо табдил додани маълумоти овозӣ, кадом миқдори нуқтаҳо истифода шудааст. Одатан, бо гертсҳо (Гц) ифода карда мешавад. Барои маълумоти овозӣ қимати 44100 маъмултарин аст. Қимат бо тартиби бо қиммати хурд тамомшаванда, нигоҳ дошта мешавад.

Дар майдони ByteRate маълумот дар бораи миқдори битҳое, ки барои як воҳиди вақт, одатан, 1 сония, истифода шудааст, нигоҳ дошта мешавад. Қимат бо тартиби little-endian нигоҳ дошта мешавад ва ҳаҷми 4 байтро дорад. Қимати мазкур аз қиматҳои майдонҳои SampleRate ва NumChannels вобаста мебошад.

Майдонҳои дигари қисмати сарлавҳа чун масъалаи тадқиқшаванда баррасӣ намешаванд, инчунин мавриди таҳлил қарор дода намешаванд. Ҳамин тариқ, барои маълумотҳои аз қисмати Data гирифташуда дар якҷоягӣ бо маълумоти тавсифшудаи қисмати сарлавҳа имконияти коркарди маълумотҳои

овозии файли шакли wav кифоя мебошанд. Ҳамзамон, лаппишҳои механикӣ ба маҷмӯи ададҳо табдил дода мешаванд ва ба коркарди минбаъдаи «овоз» тавассути ин маҷмӯи ададӣ амалӣ карда мешавад [30].

Қайд кардан зарур аст, ки майдонҳои, ки дар онҳо маълумот бо тартиби хурдшавӣ навишта мешаванд, дар муқоиса бо тартиби калоншавӣ – тартиби баръакси қиматҳоро аз рӯйи байт доранд. Яъне, дар тартиби хурдшавии маълумот аз рӯйи байтҳо ба самти аз рост ба чап ҷойгир карда шудаанд. Масалан, қимати 0x44ac0000 дар майдони SampleRate, ки ба тартиби хурдшавӣ навишта шудааст, ба 0x0000ac44, ё дар низоми ҳисоби даҳӣ, ба қимати 44100 баробар аст. Бинобар ин, дар вақти хондани маълумот аз файли шакли WAV зарурати табдилдиҳии чунин қиматҳо бояд ба назар гирифта шаванд.

Дар вақти ба даст овардани маълумотҳои овозӣ аз қисмати Data-и файли шакли wav ба қиматҳои майдони BitsPerSample ва NumChannels бояд диққат дод. Маҳз ин қиматҳо, ки бо тартиби little-endian навишта мешаванд, миқдори маълумот дар қисмати Data-ро муайян мекунанд. Дар барномаи компютерӣ коркарди файлҳои овозӣ, ки аз як (моно) ва ё ду (стерео) канали овозӣ иборат мебошанд, амалӣ карда шудааст. Агар файл ба чунин талабот ҷавобгӯй набошад, коркарди маълумот боздошта мешавад ва маълумоти зарурӣ ба истифодабаранда тасвир карда мешавад. Инчунин, дар барномаи компютерӣ маҳдудият роҷеъ ба истифодаи файлҳои, ки қимати майдони BitsPerSample аз 16 калон низ гузошта шудааст. қимати майдони BitsPerSample ба миқдори ҷойе, ки барои нигоҳдории як воҳиди маълумот (як қимати амплитуда) истифода мешавад, навишта шудааст. Дар шакли овозии моно одатан қимати он ба 8 бит, ки ба як байт баробар аст ё 16 бит, ки ба ду байт баробар аст, рост меояд. Дар ҳолати маълумоти овозӣ шакли моно доштан ва қимати майдони BitsPerSample ба 16 баробар будан, дар байти аввал қимати амплитуда ва дар байти дуюм қиматҳои сифрӣ нигоҳ дошта мешаванд. Бинобар ин, дар вақти ба даст овардани маълумотҳои овозӣ, байти дуюми ҳар як воҳиди овозӣ (Sample)-ро сарфи назар намудан мумкин аст. Дар ҳолати шакли стерео доштани

маълумотҳои овозӣ дар файл қимати майдони `BitsPerSample` ба 16 баробар аст, ки дар байти аввал қимати амплитуда барои тарафи чапи садо ва дар байти дуюм қимати амплитуда барои тарафи ростии садо навишта мешаванд. Дар масъалаи шинохти нутқ коркарди ду канали овозӣ зарур нест, ба ҷойи қиматҳои амплитуда дар тарафҳои чап ва ростии садо қимати миёнаи арифметикии онҳо ба сифати қимати амплитуда гирифта мешавад. Маълумотҳои овозӣ дар қисми `Data` ба тартиби хурдшавӣ навишта шудаанд, бинобар ин дар вақти хондани файл иваз кардани ҷойи байтҳо бояд иҷро карда шаванд [54].

Одатан, қиматҳои маълумотҳои овозии ҳосилшуда вобаста ба муҳити барномаи компютери сабти овоз – ташкилкунандаи файли `WAV`, ки он ташкил карда шудааст, қиматҳои гуногуни амплитударо соҳибанд. Барои ягонакунии маълумотҳои ба даст овардашуда, ки қиматҳои ҳам мусбат ва ҳам манфиро дошта метавонанд, раванди мӯътадилкунии маълумот иҷро карда мешавад. Барои мӯътадилкунии маълумотҳои ҳосилшударо ба калонтарин қимати мутлақи амплитудаҳо тақсим кардан мумкин аст:

$$a_i = \frac{a_i}{\max(\text{abs}(\text{minVal}), \text{abs}(\text{maxVal}))}, \quad (2.12)$$

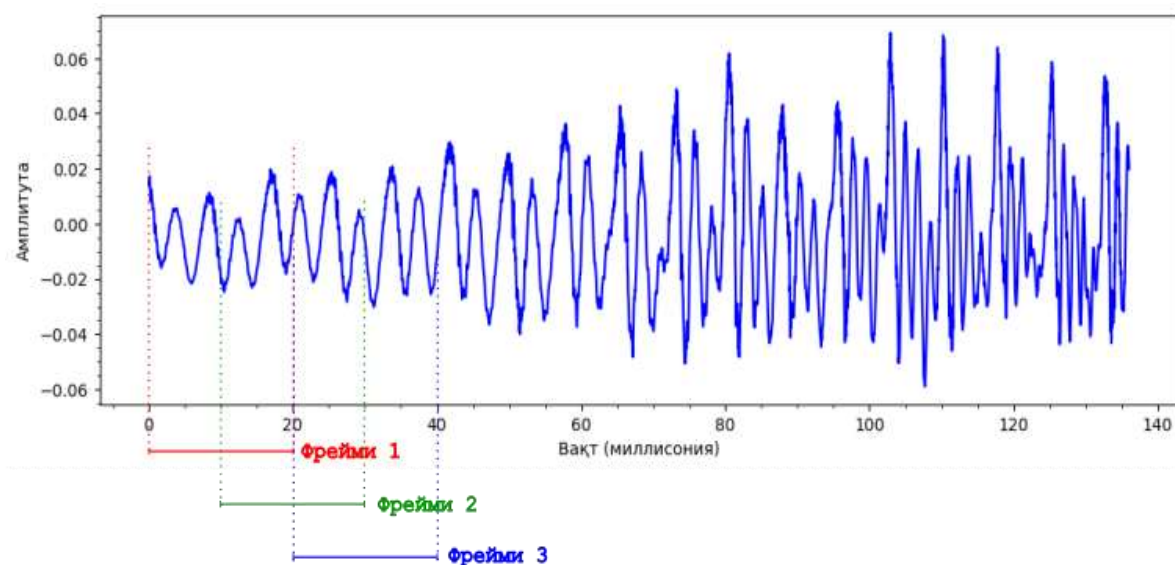
дар ин ҷо, a_i – қимати аз файл гирифташудаи амплитуда, функсияи ***max()*** – функсияе, ки қимати калонтарини аргументҳояшро бар мегардонад, функсияи ***abs()*** – функсияе, ки қимати мутлақи аргументашро бар мегардонад, ***minVal*** ва ***maxVal*** – мувофиқан қиматҳои хурдтарин ва калонтарини амплитуда, ки аз файл гирифта шудаанд, мебошанд. Дар ин ҳолат, ҳамаи қиматҳои амплитуда аз порчаи $[-1; 1]$ қимат қабул мекунанд [70].

Дар чунин ҳолат, масъалаи шинохти нутқро ҳамчун муқоисакунии аз рӯйи унсурҳо сигнали овозӣ бо чунин массиви ададӣ, ки пешакӣ шинохта гирифта шудааст, муайян карда мешавад. Вале чунин рафтор ба тағйиротҳои

камтарин дар нутқ, ба мисоли тембри нутқ ба шахси талаффузкунанда, баландии овоз ва суръати талаффуз ҳассос аст [37-38].

Микдори қиматҳои ададӣ, масалан, барои як файли овозӣ, ки дарозии 0,285 сония калимаи кӯтоҳи талаффузшударо доро аст (бо қимати SampleRate 44100) иборат аз 12850 қимати амплитуда аст. Равшан аст, ки дар чунин ҳолат муқоисакунӣ натиҷаҳои дилхоҳро дода наметавонад ва истифодаи роҳҳои дигари муқоисакунӣ маълумоти овозӣ пеш меоянд, ки мақсади онҳо кам намудани микдори ададҳои муқоисашаванда мебошад.

Қадами аввалини коркард пас аз гирифтани маълумот аз файл – ҷудокунии он ба фреймҳо аст [31]. Фрейм – ин ҷудокунии маълумоти овозӣ ба фосилаҳои кӯтоҳмуддати вақт мебошад. Ҷудокунии маълумот ба фреймҳо бошад, пайдарпай иҷро нашуда, балки болои ҳам хобанда иҷро карда мешаванд. Яъне, охири як фрейм ба аввали фрейми дигар мувофиқ аст (расми 2.5).



Расми 2.5 - Ҷудокунии маълумоти овозӣ ба фреймҳо

Сабаби ҷудокунии нутқ ба фреймҳо аз он иборат аст, ки муқоисаро дар асоси фреймҳо нисбат ба муқоисакунӣ дар ҳар як лаҳзаи вақт иҷро кардан хеле осон аст. Болои ҳам хобидани аввал ва интиҳои фреймҳо имкон фарҳам меорад, ки раванди таҳлили фреймҳо суфта карда шавад.

Бо роҳи таҷрибавӣ муайян карда шудааст, ки дарозии оптималии фрейм бояд ба фосилаи вақти 10 миллисония баробар буда, қисми болои ҳам хобанда ба 50% бояд баробар бошад. Албатта, қиматҳои адабии андозаҳои қайдшуда бояд барои забони табиӣ мушаххас ба таври таҷрибавӣ саҳеҳ карда шаванд. Бинобар ин, дар барномаҳои компютерӣ чунин қиматҳои адабӣ ҳамчун андоза бояд муайян карда шаванд [45-46].

Ҳамин тариқ, бо назардошти он, ки дарозии миёнаи калимаи талаффузшуда ба 500 миллисония баробар аст ҷудокунии маълумоти калимаи талаффузшуда бо фреймҳо ба $\frac{500}{10 \cdot 0,5} = 100$ фрейм барои ҳар як калима мебошад [84].

Пас аз ба фреймҳо ҷудо кардани маълумотҳои овозӣ муайянкунии фосилаҳои овозӣ ба вуҷуд меояд, ки он муддати вақти ҳомӯширо ифода мекунад. Табиист, ки чунин фосилаҳои овозӣ дар натиҷаи коркард ба мувофиқгузорӣ бояд хориҷ карда шаванд.

Якчанд роҳи амалисозии раванди хориҷкунии фосилаҳои ҳомӯшӣ мавҷуданд, ки аз муайянкунии қимати андозаи махсус иборат мебошад, яъне дар ҳолати хурд будани қимати андоза аз қимати амплитуда он чун фосилаи ҳомӯшӣ шинохта гирифта мешавад, дар акси ҳол, чун қисми калимаи талаффузшуда махсуб меёбад.

Муайян намудани қимати андозаи мазкур бо тарзҳои зерин иҷро карда мешавад:

- андоза ҳамчун доимӣ қабул карда мешавад. Дар ин ҳолат, агар сигнали ибтидоӣ ҳама вақт дар ҳолати якхела ва тарзи якхела ба даст оварда шуда бошад, он гоҳ натиҷаи дилхоҳро гирифтани мумкин аст. Иваз шудани ҷойи сабт бо истифодаи низоми шинохт ва ё таҳҳизоти сабткунанда ба таҳлили носаҳеҳи раванди шинохт оварда мерасонад;

- ба гуруҳҳо ҷудо кардани қиматҳои сигнал ва ба таври ошкор ҷудо намудани маҷмӯи қиматҳое, ки ба ҳомӯшӣ мувофиқ мебошанд. Чунин тарз

натиҷаи хубро медиҳад, агар фосилаҳои хомӯшӣ, муддати вақти калонро ташкил карда бошанд;

- таҳлили энтропия.

Дар таҳқиқоти мазкур вобаста ба гузориши пурраи масъалаи шинохт таҳлили энтропия истифода бурда шудааст. Барои ин, пеш аз ҳама, қимати энтропия барои ҳар як фрейм ҳисоб карда мешавад ва он аз марҳилаҳои зерин иборат аст:

- бигзор сигнали коркардшаванда рақамгузорӣ карда шуда бошад ва қиматҳои порчаи $[-1; 1]$ -ро қабул кунад;

- қимати энтропия аз рӯи формулаи

$$E = \sum_{i=0}^{N-1} P_i \cdot \log_2 P_i \quad (2.13)$$

ҳисоб карда мешавад, ки дар ин ҷо P_i – қиматҳои мӯътадилкардашудаи сигнали овозӣ, N – миқдори нуқтаҳои дискретизатсия дар фрейм мебошанд.

Аз рӯи ифодаи (2.2) қимати энтропия ҳисоб карда мешавад. Аммо энтропия танҳо яке аз хусусиятҳои фреймро ташкил медиҳад ва барои он, ки нутқ аз фосилаи хомӯшӣ ҷудо карда шавад, зарурати муқоисакунии он бо ягон қимат пеш меояд. Дар назари аввал, ба сифати чунин қимат қимати миёнаи арифметикӣ қиматҳои калонтарин ва хурдтарини энтропия барои ҳамаи фреймҳоро гирифтани мувофиқи мақсад мебошад. Дар асоси таҷрибаҳои гузаронидашуда бо роҳи муайянкунии қимати худудӣ натиҷаҳои дилхоҳ ба даст оварда нашудааст [51].

Устувории натиҷаҳои кори илмӣ мазкур метавонад аз ҷанбаи энтропия баҳо дода шавад. Чуноне, ки маълум аст, энтропия ҳамчун истилоҳи илмӣ ба соҳаи илми физика дахл дорад. Аммо он инчунин дар дигар соҳаҳои ғайриилмӣ инсон истифода мешавад. Ин истилоҳ аввалин маротиба аз тарафи олими немис, яке аз асосгузори назарияи молекулавӣ-кинетикӣ газҳо Рудолф Клаус дар соли 1865 ворид карда шудааст. Аз нуқтаи назари муайянкунӣ, энтропия аз худ ченаки хӯрдашавии нерӯ, яъне талафоти он,

парокандашавӣ дар фазои атроф ва ғайра мебошад. Аз он вақт инҷониб, ин мафҳум васеъ шудааст ва дар соҳаи илмҳои дақиқ бомуваффақият истифода бурда мешавад. Дар ин бора ба таври дақиқ навишта шудааст.

Аммо солҳои охир рушди тамаддуни башар аз ҳисоби дастовардҳои соҳаи кайҳон, дар соҳаи илм ва технология, рушди илмҳои марбута тавсия ёфтани робитаҳои байнисоҳавиро муайян мекунад. Дар натиҷа, мафҳуми соҳаи термодинамика энтропия мавқеи худро дар соҳаҳои илм низ пайдо намудааст.

Аммо аз сабаби сусти баррасӣ шудан дар адабиёти илмӣ таъиноти аниқии энтропия дар соҳаи техникӣ ҳанӯз муайян нашудааст, гарчанде ки дар падидаи илмӣ фаҳмиши падидаи энтропия дар самти амалӣ пайдо кардааст. Аз ҷумла, қайд карда мешавад, ки: “Энтропия дар технология – ин миқдори нишондиҳандаҳои бетартиб, ченаки қорҳои зиёдатӣ ҳангоми ба даст овардани мақсади гузошташуда, як ҳиссаи равандро ва ё ҳодисаҳо мебошад”.

Аз ин мебарояд, ки дар маҷмӯи истифодаи энтропия ҳамчун самти нав дар техника равандроҳои гуногунтарафаи ғайримаммулиро ифода мекунад ва аз худ талафоти самаранокро дар раванди табдилдиҳии захираҳои неъматҳои моддӣ ва хизматрасонӣ дар назар дорад. Ин масъала ҳанӯз дар илмҳои техникӣ пурра баррасӣ нашудааст, аммо дар солҳои охир шумораи таълифоти илмӣ ва олимон, ки дар ин масъала таҳқиқот мебаранд, рӯ ба афзоиш ниҳодааст.

Аз ин ғуфтаҳо ба чунин хулоса омадан мумкин аст, ки энтропия ченаки миқдории номуайяни буда, аз рӯи формулаи Шенон ҳисоб карда мешавад ва намуди ифодаи зеринро дорад [56]:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \cdot \ln p(x_i). \quad (2.14)$$

Тибқи муқаррароти назариявӣ дар илм, қимати энтропия дар сурате зиёд мешавад, ки таъсири беруна зиёд ва баландшавии номуносабибӣ дар низом дида мешавад, аммо агар таъсири беруна мавҷуд набошад, энтропия ҳадди

ақали мутлақ, яъне сифрро соҳиб мегардад. Аз усули додашуда истифода намуда, ҳисоби энтропияро дар кори илмӣ мазкур амалӣ менамоем [4-М].

Ҷадвали 2.1. - Энтропияи сигналҳои мӯътадилшаванда

Қиматҳои таққикотӣ	401,25	622,5	843,75	1065	1286,25	1507,5	1728,74	1949,99	2171,24	2392,49	2613,74	2834,99
Афзоиши дигаргуншавӣ дар қиматҳо		1,55140	1,35542	1,26222	1,20775	1,17201	1,14676	1,12798	1,11346	1,10190	1,09248	1,08465
LOG10 P(X)=		0,19072	0,13207	0,10114	0,08198	0,06893	0,05947	0,05230	0,04668	0,04214	0,03841	0,03529
Логарифми даҳӣ H(X)=	-1,088203331											
LOG2 P(X)=	0	0,63357	0,43874	0,33597	0,27232	0,22899	0,19756	0,17375	0,15505	0,13999	0,12760	0,11723
Логарифми дувӣ H(X)=	-3,614933217											

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Тибқи ҳисоб мувофиқи ҷадвалҳои 2.1 ва 2.2 натиҷаҳои зерин $H(X) = 3,61493$ (ва ё $H(X) = 0,409103$) ҳосил карда шуд. Чуноне, ки аз натиҷаи ҳосилшуда дида мешавад, энтропияи сигналҳои мӯътадилшаванда дар давраи таҳқиқот табиати ноустувор доранд, яъне ин аз он шаҳодат медиҳад, ки низом устувор ва ё мунтазам нест.

Ҷадвали 2.2. - Энтропияи сигналҳои мӯътадилшаванда

Қиматҳои таққикотӣ	401,25	622,5	843,75	1065	1286,25	1507,5	1728,74	1949,99	2171,24	2392,49	2613,74	2834,99
Афзоиши дигаргуншавӣ дар қиматҳо		0,01551	0,01355	0,01262	0,01208	0,01172	0,01147	0,01128	0,01113	0,01102	0,01092	0,01085
LOG10 P(X)=	0	0,02807	0,02532	0,02397	0,02316	0,02263	0,02225	0,02197	0,02175	0,02157	0,02143	0,02131
Логарифми даҳӣ H(X)=	0,25344											
LOG2 P(X)=	0	6,01028	6,20511	6,30789	6,37154	6,41487	6,44629	6,47011	6,48880	6,50386	6,51625	6,52663
Логарифми дувӣ H(X)=	0,40910											

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Аз рӯйи муайянкунии қимати энтропия ба чунин хулоса омадан мумкин аст, ки он ба ҳисобкунии қиматҳои миёна вобаста нест, бинобар ин имконияти муайянкунии қимати он ҳамчун қимати доимӣ мавҷуд аст, дар таҳқиқоти мазкур он баробар ба 0,1 қабул шудааст.

Новобаста аз ин, муаммои муайянкунии ҳомӯшӣ дар нутқ ва хориҷкунии он аз раванди шинохт пурра ҳалли ҳудро намеёбад. Алалхусус, қимати энтропия метавонад дар миёнаи калимаҳои талаффузшаванда хурд гардида, дар натиҷаи мавҷуд будани овозҳои бегонаи муҳит қиматҳои калонро соҳиб гардад. Барои бартараф намудани муаммои якум зарурати ворид намудани мафҳуми «масофаи хурдтарин байни калимаҳо» пеш меояд ва фреймҳои байни ҳам аз сабаби хурд гардидани қимати энтропия ҷудошуда, аз масофаи хурдтарини байни калимаҳо хурд бударо ба ҳамдигар наздик намудан лозим аст. Барои ҳалли муаммои дуюм мафҳуми «дарозии хурдтарини калима» бояд ворид карда мешавад ва маълумоти овозие, ки пас аз коркарди ҳалли муаммои якум ба чунин талабот ҷавобгӯ нест, бурида мешавад [47].

2.3. Усулҳои сохторбандӣ ва шинохти ҷараёни нутқ

Маълуман мушоҳида мешавад, ки дар шабакаҳои нейронии меъёрӣ бо алоқамандии рост объектҳои охирин, ки аз якчанд қабат, занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба ва муттаҳидшавӣ иборатанд, пурра ба қабатҳои ба ҳам вобаста созиш мешаванд [34].

Қабатҳои нуқтаҳои болоӣ ҳамчун содироти маълумот оид ба объект ҷаъол шуда, алоқамандии пурраи онро аз рӯйи гурӯҳбандӣ муқоиса менамояд.

Натиҷаи қабати пурраи пайваستшуда ба сифати қабати ниҳой аз 38 қиммат (35-то барои ҳар як ҳарф дар алифбои тоҷикӣ), барои ҳомӯшӣ аломати # ва ду аломати махсус барои нусхаи рамзгузори такроршавии ҳарф маълуманд.

Чун қоида, омӯзиши амиқи амсилаи шабакаи нейронӣ боиси беҳтар шудани шинохти нутқ мегардад. Дар байни сохторҳои гуногун омӯзиши амиқ дар асоси алгоритми занҷири ибтидоии акустикаи омӯзишӣ барои шабакаи

нейронӣ (ЗИАО-ШН) ва амсилаҳои зехни сунъӣ, ки дар амал натиҷаҳои назаррас доранд, бештар истифода мешаванд. Дар ин маврид, қолаби махсус ба худ амсилаи акустикӣ, амсилаи забонӣ ва механизми баробарнамоии овоз ва матнро якҷоя намуда, дар натиҷа низоми оддӣ шинохти худкори нутқро ташкил медиҳад. Ғайр аз он, омезиши қабатҳои шабакаи нейронҳои печон ва занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат низ барои истихроҷи аломатҳо хуб кор мекунад. Дар ин зерқисми диссертатсия маълумоти муфасссал оид ба қолабҳои ЗИАО-ШН ва TajNN-SAT, ки дар меъмории замони муосир байни рамзгузор-рамзкушо маъмуланд, пешниҳод мегардад.

Дар раванди корҳои таҳқиқотӣ қолаби TajNN-SAT бо воҳиди калима дар матн истифода карда шудааст. Онҳо тартиби васеъшудаи пешакиро истифода мебаранд ва ба ғайр аз зиёдшавии амиқи рамзгузорӣ андозаи қабати пинҳонии занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат низ зиёд мегардад. Амсила аз ду қабати 512 рамзгузорӣ оғоз гардида, то шаш қабати 1024 зиёд мешавад. Илова бар ин, қадами аввалин зиёд шуда, омодакунии пешакӣ бидуни тарк кардан анҷом дода мешавад. Баъдан онҳо ҷадвали омӯзиши барномаи таълимиро ислоҳ мекунанд ва ин қолабро такмил медиҳанд. Таҳқиқот дар асоси маълумоти дар корпуси овози Taj-Speech-Corpus ҷамъоварда кор мекунанд ва дар замони пешбарии корҳои таҳқиқотӣ дар як фарзияи озмоишӣ қиммати басомади ҳатогӣ дар калимаҳо ба 14,7% баробар гашт [59].

Дар қолаби таҳия шаванда, марҳилаи рамзгузорӣ дар шабакаи амиқи занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддати дучониба ва марҳилаи рамзкушоӣ дар қабатҳои занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат ба роҳ монда мешаванд. Дар рамзгузорӣ бандҳои занҷир аз муттаҳидии қимматҳои максималиро пас аз ҳар як қабат бо назардошти ченаки вақт истифода мебаранд. Аз ин рӯ, зарурияти ҳамҷоя кардани қимматҳои максималӣ дар сохтори қолаби занҷири думарҳилаи ибтидоии акустикаи омӯзишӣ барои шабакаи нейронӣ (ЗДИАО-ШН) истифода бурдан пайдо мегардад [57]. Ғайр аз он, сохтори васеъшавандаи омӯзиш барои шабакаҳои универсалии нейронӣ ба сифати омӯзиши пешакӣ истифода карда мешавад. Қолаб дар Taj-Speech-Corpus ба тарзи омӯзишӣ

санчида шудааст ва самаранокии 4,93% басомади хатогӣ дар шинохти калимаҳо ташкил менамояд. Дар раванди таҳқиқоти илмӣ амсилаи TajNN-SAT-ро дар маҷмӯаи ҷустуҷӯи овозии калимаҳои калидӣ аз соҳаи тиб истифода карда шуд ва басомади хатогӣ дар калимаҳо ба 16,2% баробар гардид. Натиҷаи беҳтарини басомади хатогӣ дар калимаҳои соҳаи таълим 10,3% ба даст оварда шудааст [61].

Ҷадвали 2.3. - Маҷмӯи воҳидҳои матнӣ барои омӯзиши амсилаи TajNN-SAT

Соҳаи матн	Корпус	Амсила	Басомади хатогӣ дар калимаҳо %
Сайёҳӣ	Taj-Speech-Corpus	TajNN-SAT	14.7
Тиб	Taj-Speech-Corpus	TajNN-SAT	16.2
Таълим	Taj-Speech-Corpus	TajNN-SAT	10.3
Адабиёти кӯдакона	Taj-Speech-Corpus	TajNN-SAT	4.7

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Чуноне, ки аз ҷадвали 2.3 дида мешавад, таҳқиқи амсилаи тозаи TajNN-SAT дар маҷмӯаи воҳидҳои матнии корпуси Taj-Speech-Corpus анҷом дода шудааст.

Дар таҳқиқоти илмӣ сохтори аслий ва амалӣ барои амсилаи TajNN-SAT истифода шудааст. Азбаски ҳадафи ниҳии диссертатсия таҳқиқи шинохти нутқи тоҷикӣ мебошад, амсилаи TajNN-SAT аз сабаби эътибори хеле хуб ва натиҷаҳои умедбахш дар маҷмӯи додаҳои соҳаҳои гуногун интихоб карда шуд. Аммо бояд қайд кард, ки амсила ба маҷмӯаҳои воҳидҳои матнӣ ва овозии нисбатан хурдтар бори аввал омӯзонида мешавад. Ҳангоми навиштани диссертатсия, қолаби ҳолиси TajNN-SAT бе ягон амал ба маҷмӯи маълумоти Taj-Speech-Corpus татбиқ карда шудааст.

Дар асоси таҳқиқот маълум гашт, ки истифодаи амалӣ ва татбиқи амсилаҳои дигари дастраси шинохти нутқ дар Taj-Speech-Corpus ба роҳ мондан имконпазир аст [65].

1. Шабакаҳои нейронҳои печон бо занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддат. Дар ин амсилаҳо қабатҳои болоӣ пеш аз қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба ҷойгир шуда, натиҷаи басомади хатогӣ дар

калимаҳоро дар санчиши тоза 13,82% ба даст оварда шуданд. Дар ин маврид, ба ҷои занчири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба дар рамзгузор занчири дарози хотираи кӯтоҳмуддат бо шумораи гуногуни катакҳои он дар ҳар як қабат гузошта шуданд [81].

2. *Шабақаҳои нейронии бисёрқабатаи сунъӣ*. Дар таҳқиқоти дигар амсила ва маҷмӯи усулҳо, ки аз таҳлили дар рисола пешбурда алоқамандӣ надоранд, истифода карда шуданд. Дар ин маврид масъалаи омӯзиши чуқури додаҳо талаб карда мешаванд. Дар ин маврид, натиҷаи муқоисавӣ бо амсилаи таҳияшуда ҳамагӣ 4,72%-ро ташкил медиҳанд. Сатҳи суръати омӯзиш дар таҷриба ба 0,001 муқаррар карда шуда, андозаи бастаи занҷир ба 512 баробар аст. Чуноне ки дар ҷадвали 2.4 рӯйхати корҳои нишон дода шудаанд, ки дар амсилаи шабақаҳои нейронҳои занҷирӣ дар бораи аслияти қори ин таҳқиқот маълумот гирифтани мумкин аст [83].

3. *Шабақаҳои нейронҳои печон бо амсилаи якҷанд забон*. Дар ин марҳила, шинохти зуд ва дақиқи нутқ бо истифодаи амсилаи якҷанд забон, масалан, дар ҳамҷоягии амсилаҳои забони англисӣ, русӣ, арабӣ ва ғайра ба роҳ монда шуд. Таҳқиқот бо шабақаҳои нейронҳои занҷирӣ дар амсилаи акустикӣ ва амсилаи якҷанд забон пеш бурда шуд. [85] Дар ин маврид, чунин ба назар мерасад, ки занчири дарози хотираи кӯтоҳмуддат барои ин амсилаҳо натиҷаи самаранок намебахшад. Зеро, масъалаи шинохти нутқ дар як маврид барои ду ва ё зиёда забон дар марҳилаи параллелӣ ба сифати ҷузъи калидии амсилаи онҳо мебошад. Дар раванди таҳқиқотӣ ҳамон меъмории шабакаро бо амсилаи ЗДИАО-ШН, ки асосан аз амсилаи шабақаҳои нейронҳои печон шурӯъ гирифта шудааст, аммо ба ҷои занчири дарози хотираи кӯтоҳмуддат бо воҳиди оддии такрорӣ истифода мешавад. Дурустии амсилаи *шабақаҳои нейронҳои печон бо амсилаи якҷанд забон* дар Taj-Speech-Corpus ба 23,67% баробар аст.

Ғояи истифодаи шабакаи нейронҳои печон ва занчири дарози хотираи кӯтоҳмуддат барои шинохти нутқ дар диссертатсия илҳомбахши таҳқиқоти оянда гардид, ки шабакаи печон ё занчири дарози хотираи кӯтоҳмуддат барои масъалаи шинохти нутқ дар алоҳидагӣ ва ё дар омезиш истифода мебарад. Дар

раванди пешбари корҳои таҳқиқотӣ ва омӯзиши амсилаи дақиқ пурра ҷорӣ карда шудааст. Ҳама равандро аз коркарди пешакии додаҳо то амсилаи акустикӣ ва амсилаи забон ба шабакаи нейронҳои печон асос ёфтаанд. Дар Taj-Speech-Corpus онҳо ба 5,61% басомади ҳатогӣ дар калимаҳо мерасанд.

Тибқи таҳқиқоти дар боло овардашуда метавон ҳулоса кард, ки истифодаи занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат ва шабакаи нейронҳои печон дар алоҳидагӣ дар вазифаи шинохти овоз ва нутқ натиҷаҳои назаррасро нишон медиҳанд (ҷадвали 2.4).

Ҷадвали 2.4. - Сарчашмаҳо бо истифода ва мутобиқати амсилаҳо дар нутқ

Сарчашмаҳо	Амсила	Басомади ҳатогӣ дар калимаҳо %
Taj-Speech-Corpus	RNN	4.72
Taj-Speech-Corpus	CNN+SRU+LM	23,67
Taj-Speech-Corpus	CNN+LSTM	13.82
Taj-Speech-Corpus	ЗДИАО-ШН	5,61

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Дар ҷадвали 2.4 қисми мухтасари кор оварда шуда, дар он бо амсилаи шабакаҳои нейронҳои печон, яктарафа ва занҷири дарозӣ хотираи кӯтоҳмуддат, дутарафа ва ё омехтаи онҳо истифода шудааст. Дар ин таҳқиқот маҷмӯи маълумоти Taj-Speech-Corpus ва амсилаи ЗДИАО-ШН интиҳоб гардидааст. Аз таҳқиқоти дар боло зикршуда, яъне дар зербоби қаблӣ دیدан мумкин аст, ки ҳам амсилаи TajNN-SAT ва ҳам амсилаи ЗИАО-ШН натиҷаи бадастовардаи муосирро аз ҳама бештар дар шинохти нутқ дар маҷмӯи додаҳои калон таъмин мекунанд. Илова ба истифодаи маҷмӯи маълумоти калонтар барои ба даст овардани дақиқии баланд олимони асосан ё стратегияи мушаххаси пеш аз омӯзиш ё сохторҳои гуногуни амсилавиро барои ҷузъҳои амсилаи TajNN-SAT ва ЗИАО-ШН истифода мебаранд. Илова бар ин, афзоиш додани додаҳо ё ягон шакли коркарди пешакии додаҳо барои беҳтар кардани кори амсилаҳо истифода мешавад [100-101].

Дар раванди таҳқиқот, пеш аз ҳама, ду низоми шинохти нутқро дар асоси шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ муқоиса намуда, кадоме аз онҳо барои маҷмӯи

додаҳои тоҷикӣ самара медиҳад, диққат дода мешавад. Баъдан, ҳарду амсиларо низ барои маҷмӯи додаҳои тоҷикӣ омӯзонида ва натиҷаҳои бадастомадаро дар асоси басомади хатогиҳо дар рамзҳо гузориш дода мешаванд. Барои маҷмӯи додаҳо бо забони тоҷикӣ корпуси Taj-Speech-Corpus интиҳоб карда шуд. Илова ба фарзияи пурраи Taj-Speech-Corpus дорои зергурӯҳҳои гуногун аст, ки аз соҳаҳои “тиб”, “сайёҳӣ”, “таълим”, ва “афсонаҳои кӯдакона” иборат аз зиёда 300 соат мебошад. Дар мадди аввал зергурӯҳи 100-соатаи Taj-Speech-Corpus-ро интиҳоб мекунем, зеро он дар шумора ва тавоноии раванди графикӣ маҳдудият доранд. Сабаби дигари ин интиҳоб аз он иборат аст, ки таҷрибаҳо бо гурӯҳи хурди додаҳо имконияти амалия ва миқёси амсиларо дар раванди таҳқиқот баррасӣ намоем.

Амсилаи якум – TajNN-SAT буда, амсилаи дуҷум омезиши миқдори гуногуни қабатҳо мебошад ва занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба, инчунин шабакаҳои нейронии пурра алоқаманд гирифта шудаанд.

Барои таҳқиқоти илмӣ методологияи таҳлили додаҳои зеҳнӣ истифода мешавад. Дар навбати аввал методологияи байнисоҳавии раванди таҳлили додаҳои зеҳнӣро бо муносибати башаклдарорӣ барои банақшагирии лоиҳаи таҳлили додаҳои зеҳнӣ таъмин намудааст. Аммо дар вақтҳои охир дар байни ҷомеаи зеҳни сунӣ методологияи мазкур маъруфият ва таваҷҷуҳи зиёд пайдо кардааст. Ин методология бозътимод ва амалан самаранок маҳсуб меёбад.

Амсилаи дуҷум, ки меъморӣ амсилаи ЗДИАО-ШН-ро барои маҷмӯи маълумоти хеле зиёд истифода мебарад ва ба дақиқии 5,33% басомади хатоӣ дар калимаҳо ноил мешавад. Илова ба ин, муҳаққиқон дар нишон медиҳанд, ки омезиши қабатҳои зичи шабакаи нейронҳои печон ва занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба дар маҷмӯи маълумоти Taj-Speech-Corpus ҳангоми озмоиш бо тозакунии амсилаи забон метавонад ба басомади хатоӣ дар калимаҳо 3,51% расад. Чуноне ки ҳамаи амсилаҳо ба маҷмӯҳои хеле калон татбиқ карда шуданд. Маълум аст, ки дар адабиёти истифодашуда дар бораи амсилаҳои TajNN-SAT ва ЗДИАО-ШН барои маҷмӯи маълумоти хурд ба монанди Taj-Speech-Corpus муаммо ҷой дорад. Аммо новобаста ба ин, дар

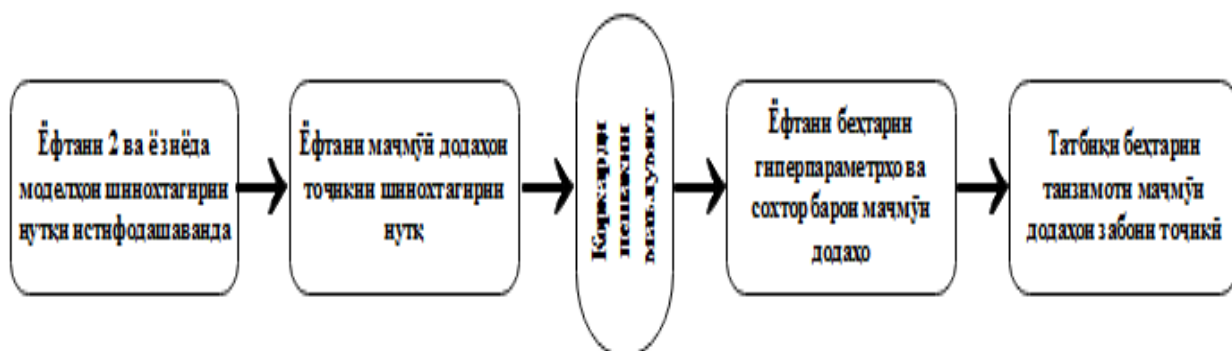
таҳқиқоти мазкур кӯшиши пур кардани катакҳои ҳолӣ ва ҳарду амсиларо бо маҷмӯи додаҳои начандон калон баррасӣ карда мешавад.

Дарёфт кардани амсилаҳои навтарин ва муқоиса кардани онҳо хеле кори мураккаб мебошад. Тавре ки нисбати ҳар як амсилаи гузошташуда маълумоти беҳтарин ҷой дорад, тавсия дода мешавад, ки бо маҷмӯи додаҳои гуногун, бо сохтори шабакаҳои гуногуни амсилаҳо фаъолият бурда шавад. Ҳатто он ҳуҷҷатҳое, ки бо амсилаи умумии рамзгузор-рамзкушо кор мекунанд, дар сохтори амсила тағйиротҳои гуногунро истифода мебаранд. Илова бар ин, дар мавриди шабоҳати нисбатан наздики амсилаҳо маҷмӯи додаҳо дар ин ҳолат фарқ доранд. Тибқи ин рӯйхат ҳангоми навиштани рисолаи пешниҳодшуда амсилаҳои бештар истифодашаванда амсилаҳои рамзгузор-рамзкушо ва амсилаҳои ба шабакаи нейронҳои печон асосёфта мебошанд. Аз ин рӯ, дар таҳқиқот сохторҳои TajNN-SAT ва ЗДИАО-ШН-ро интихоб кунем, то дақиқии онҳоро дар маҷмӯъҳои хурд мавриди санҷиш қарор дода мешавад [115].

То давраи иҷрои таҳқиқоти мазкур бо конфигуратсияи дақиқи TajNN-SAT ва амсилаи ЗДИАО-ШН бо маҷмӯи додаҳои Taj-Speech-Corpus ягон таҷриба гузаронида нашудааст. Қаблан дурустии ҳарду амсиларо дар Taj-Speech-Corpus тафтиш шуда, амсилае, ки барои таҷриба бо гурӯҳи маълумоти тоҷикӣ натиҷаи беҳтарин медиҳад интихоб карда мешавад.

Дар диссертатсия кӯшиши асосӣ ин ба саволҳои таҳқиқотӣ бо риояи панҷ қадами зерин ҷавоб ёфтан мебошад, ки дар расми 2.6 ба таври возеҳ нишон дода шудааст. Аввалан, бо баррасии имкониятҳо ду сохтори муносири омӯзиши амиқ барои шинохти нутқ пайдо карда мешаванд. Баъдан, барои чунин вазифаҳо маҷмӯаҳои дастраси чанд забон пайдо карда мешаванд. Қадами навбатӣ коркарди пешакии додаҳо мебошад, ки пас аз он маълумоти пешакӣ коркардшуда ба амсилаҳои амалӣ ворид карда мешаванд ва таҷрибаҳо оғоз мешаванд. Тавассути таҷрибаҳои дақиқ ва истифодаи амалҳои ҳисобӣ-оморӣ кӯшиши пайдо кардани андозаҳои калонтарин ва беҳтарин ба роҳ монда мешаванд. Дар сохтори шабакавӣ барои ҳарду амсила натиҷаҳои беҳтарин ба даст оварда мешаванд. Пас аз дарёфти андозаҳои беҳтарин ва сохтор

амсилаҳоро дар маҷмӯаи додаҳои забон омӯзонида, аз натиҷаҳои бадастомада натиҷаҳои назаррас гирифта мешаванд. Ниҳоят, амсилаи беҳтарин барои маҷмӯи додаҳои забони тоҷикӣ муайян карда мешавад.



Расми 2.6 - Пайдарпайии қадамҳо аз оғози омӯзиш то натиҷаҳои беҳтарин

Барои фаҳмидани он, ки кадоме аз ин ду амсила дақиқии беҳтаринро медиҳад, онҳоро дар як маҷмӯи додаҳо муқоиса карда мешаванд. Дар таҳқиқоти илмӣ, дар байни ҳамаи маҷмӯҳои додаҳои озод бо забони тоҷикӣ корпӯси Taj-Speech-Corpus истифода шудааст.

Гузашта аз ин, додаҳои зиёди лингвистикӣ дастрас мебошанд, аммо маҷмӯаи маълумоти Taj-Speech-Corpus аз веб-сомонаи Маркази рушди технологияи иттилоотии “Зафар Усмонов” дар шабакаи интернетӣ аз суроғаи www.tscorpus.tajlingvo.tj озодона ба даст овардан мумкин аст. Сабаби дигар дар он аст, ки он дар муқоиса бо дигар интиҳоби додаҳои дастраси озод аз миқдори зиёди соатҳои нӯтқ иборат аст [120].

Taj-Speech-Corpus – ин лоиҳаи Маркази илмӣ Хучанд назди Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон буда, дар асоси маводҳои калони лингвистикӣ таҳия шудааст. Аз ин рӯ он маҷмӯи маълумотест, ки дар як вақт танҳо ба як нафар суҳангӯ рост меояд. Гарчанде ки маҷмӯаи асосии маълумот дар ин таҳқиқот Taj-Speech-Corpus бошад ҳам, барои гузаронидани таҷрибаҳои омӯзишии босуръат якчанд зермаҷмӯаҳои хурдтари Taj-Speech-Corpus истифода карда шудааст. Зеро ҷустуҷӯи беҳтарин хусусиятҳои шабака ва беҳтарин гиперандозаҳо дар маҷмӯи додаҳои калон вақтро талаб мекунад ва

бояд шабакаро такрор ба такрор омӯзонида, таъсири ҳар як андозаро дар шабака муайян карда мешаванд.

Аз ин рӯ, бо зермачмӯҳои хурдтари Taj-Speech-Corpus ба монанди; мачмӯҳои додаҳои "тиб", "сайёҳӣ" ва "таълим" корбарӣ карда шуданд. Дар мачмӯи "сайёҳӣ" фарзияи хурдтари озмудашудаи Taj-Speech-Corpus ҷойгир мебошад, ки дорои 1000 намунаи омӯзишӣ буда, инчунин дар веб-сомонаи www.tajlingvo.tj дастрас аст. Дар поён тавсифи мачмӯҳои додаҳои "тиб" ва "таълим" дода шудааст, ки ҳамчун ду зермачмӯи Taj-Speech-Corpus барои қонеъ кардани талаботи гуногуни таҷрибаҳо дар раванди таҳқиқот қабул карда шудаанд [47].

Дар мачмӯ, дарозии намунаҳо дар мачмӯи аслии Taj-Speech-Corpus якхела нест. Азбаски масъалаи ченкунии бақайдгирии воридшавӣ барои шабакаҳо лозим аст, ба қоидаи “сифркунӣ”, яъне аз занҷир баровардан мурочиат карда мешавад. Бо истифода аз пуркунии сифр, андозаи намунаи дарозтаринро гирифта ва сифрро ба дигар намунаҳои кӯтоҳтар илова карда мешаванд. Дар натиҷа ин метавонад ба тартиби омӯзиши шабака аз сабаби шумораи зиёди сифрҳо, ки ба шабака интиқол дода мешавад, таъсир расонад.

Бо эҷод кардани зермачмӯи интиҳоби додаҳои Taj-Speech-Corpus бо намунаҳои якхела, аз ин муаммо канорагирӣ кардан лозим меояд. Аз ин рӯ, ба ғайр аз мачмӯи маълумоти тасдиқшудаи Taj-Speech-Corpus, инчунин як зермачмӯи дигари Taj-Speech-Corpus-ро коркард карда шуд ва он “Афсонаҳои кӯдакона” номгузорӣ карда шуд. Дар ин мачмӯ намунаҳои дарозии якхела дошта, аз ҳам ҷудо карда шуданд [123].

Зермачмӯи “сайёҳӣ” – ин як қисми корпуси Taj-Speech-Corpus мебошад ва ҳама элементҳои он тавассути ҳар 20 аломат бурида мешаванд. Ҳама элементҳое, ки дар онҳо шумораи аломатҳо аз 20 камтар аст, бетағйир боқӣ монданд. Баъдан барои ҳар як элемент таносуби 20-ро ҳисоб карда мешаванд ва спектрограммаи он элементро бо ҳамон қиммат таносуб дода мешавад. Масалан, агар элемент, аз 100 аломат иборат бошад, он ба панҷ қисми 20

аломатдор тақсим карда мешавад ва илова бар ин спектрограммаи ҳамин элемент ба панҷ қисм тақсим карда мешавад.

Гарчанде ки рамзҳо ва садоҳо ба таври дақиқ ба мувофиқат нақунанд ҳам, ин беҳтарин роҳи кӯтоҳ кардани ҷумлаҳои дароз дар интихоби додаҳои Taj-Speech-Corpus ба ҳисоб меравад. Элементҳои корпус ба ҳисоби миёна 23 сония давом мекунанд ва дар амсилаҳои ниҳони Taj-Speech-Corpus омӯзонида мешаванд [82].

Ҷадвали 2.5. - Рӯйхати интихоби додаҳои тоҷикӣ дар шинохти нутқ

Номи соҳаи додаҳо	Намуд	Ҳаҷм (соат)	Дастрасӣ
Тиб	Табиӣ сабтшуда	24	Озод
Сайёҳӣ	Табиӣ сабтшуда	27	Озод
Таълим	Табиӣ сабтшуда	50	Озод
Афсонаҳои кӯдакона	Табиӣ сабтшуда	38	Озод

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Дар амсилаи ЗДИАО-ШН маълумоти дохилшавии қабати дақиқ аз харитаҳои объектҳо бо қадамҳои вақт ва меҳварҳои басомад иборат аст. Ҳар як харитаи объект бо истифода аз баромади манбаи додаҳои Мел-филтр сохта мешавад. Андозаи филтри қабатҳои дақиқи якченака панҷ буда, дар раванди таҳқиқот муайян карда шудааст. Истифодаи қабатҳои дақиқ на танҳо самаранокии шинохтанро беҳтар мекунад, балки инчунин метавонад интихоби ҷаҳорҷӯбаҳои воридотӣ ва ҳисобкунии мураккабро дар сатҳҳои оянда кам намояд.

Ҳоло дар бораи ҷузъиёти таҷрибаҳо тавзеҳи бештар дода мешавад. Барои ҳар як қабати тақрири содиротӣ ҳамчун танзим врҳиди вақт ба 0,5 баробар истифода мешавад ва суръати ибтидоии омӯзиш ба 0,0001 баробар аст. Дар таҳқиқоти илмӣ аз байни технологияи беҳтаркунӣ шумораи гуногун истифода карда шудаанд. Аз байни онҳо аз истифодаи технологияи Adam натиҷаҳои беҳтарин ба даст оварда шуданд. Аз ин рӯ, барои ҳама амсилаҳои алгоритми беҳтаргардонӣ градиенти ба одам асосёфта истифода бурда шуд, ки дар муҳити PyTorch васеъ татбиқ карда шудааст. Мӯътадил кардани маълумот ба

дақиқии амсилаҳо таъсири чиддӣ мерасонад. Андозаи бастаҳои гуногун (1, 4, 8, 16, 32, 64) низ озмуда шуданд [130].

Аммо барои шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ истифода аз андозаи камтари пайдарпай, масалан, андозаи ба як воҳид баробар, ба натиҷаҳои беҳтар дар дақиқии амсила оварда мерасонад. Ғайр аз он, ҷалби мутахассис-лингвист дар амсилаи TajNN-SAT барои доштани нишони ҳақиқат ҳамчун дохилнамоии иловагӣ ба шабакаи интиҳобшуда ба назар мерасад.

Дар раванди корҳои илмӣ ҳарду амсила бо истифода аз маҷмӯи воситаҳои компютери Pytorch амалӣ карда шуданд. Он ядроӣ беҳтар кардашударо дорост, ки барои баланд кардани қабати дақиқ ва оғози хеле хуби қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддатро пешниҳод мекунад. Натиҷаи истифодабарӣ ба қабати калонтарини шабакаи нейронӣ маҳсуб меёбад, ки тақсимои эҳтимолиятро аз рӯйи аломатҳо ҳисоб мекунад.

Илова бар ин, дар таҷрибаҳои ниҳой аз сабаби ноустуворӣ дар омӯзиши таҷрибаҳои ибтидоӣ мушоҳидашуда ҳамворкунии аломатҳо татбиқ карда нашуд. Тибқи луғати алифбои забони тоҷикӣ, ки дорои 35 ҳарф мебошад, ҳаҷми баромади шабакаҳо баробар ба 38 муқаррар карда шуда, ба аломатҳо асос ёфтааст. Дар раванди кор барои 35 алифбои стандартӣ тоҷикиро истифода бурда шуданд, иловатан якто рамз барои апостроф, яктои дигар барои хомӯшӣ (#) ва дутои дигар барои рамзгузори тақрорӣ ҳарфи қаблӣ (як ё ду маротиба), ки ҳамчун ҳарфи махсуси "тақроршаванда" истифода шуданд.

Ғайр аз он, барои муқоисаи одилона байни амсилаҳо ду амсиларо бо танзимои гиперандозаи якхела дар як маҷмӯи додаҳо бо ҳамон амсилаи коркарди пешакӣ мавриди омӯзиш қарор дода мешаванд [85].

Ҳамаи таҷрибаҳо дар ин таҳқиқот дар ҷаҳор раванди графии мувозӣ ба суръатнокӣ ба раванди омӯзиш гузаронида мешаванд. Пас аз дарёфти беҳтарин танзимои гиперандоза ва беҳтарин меъморӣ барои амсилаи ЗДИАО-ШН, конвейери омӯзишӣ як равандро бо як раванди графикӣ дар низоми ҳисоббарории баландсифат, ки ширкат пешниҳод кардааст, алоқаманд мекунад.

Амсилаҳо дар ин таҳқиқот дар асоси басомади хатогихо дар рамзҳо баҳо дода мешаванд, зеро аломатҳо маъмултарин ва содатарин воҳиди баромад дар тавлиди матнҳо мебошанд. Рамзгузор-рамзкушо анъанавӣ ба таваҷҷуҳи амсила, ки воҳиди баромади аломатҳо (графема) омӯзонида мешавад, асос ёфта, дар он амсила хусусиятҳои садои воридшударо мустақиман ба пайдарпаии баромади калимаҳо бидуни истифодаи лексикони талаффузи дастӣ иҷозат медиҳад.

Ҳамин тариқ, чараёни омӯзиш метавонад мушкилоти нарасидани луғатро низ ҳал кунад. Ғайр аз он, вақте ки амсилаи шинохти нутқ, воҳиди содиротро дар асоси аломатҳо истифода мебарад, ин маънои онро дорад, ки онҳо амсилаи акустикӣ, амсилаи талаффуз ва амсилаи забонро дар дохили як шабакаи нейронӣ меомӯзанд. Дар натиҷаи омӯзиш онҳо инчунин басомади хатогихо дар рамзҳоро барои ҳисобот додан дар бораи дурустии амсилаи худ оид ба масъалаи шинохти нутқ истифода бурданд, ба даст оварда шудаанд.

Ғайр аз он, амсилаи забон дар сатҳи калима маълумоти бештари омӯзишро фарогир аст, зеро он миқдори зиёди рамзҳоро талаб менамояд. Амсилаи забон дар сатҳи калима ба андозаи луғат ниёз дорад, зеро ҳадди ақал бояд даҳ маротиба аз сатҳи истифодабар зиёд бошад. Азбаски дар ҳама раванди таҷрибаҳои таҳқиқот басомади хатогихо дар рамзҳоро истифода бурда шудаанд, низоми лексикаи кушод ба роҳ монда мешавад. Қайд кардан лозим аст, ки басомади хатогихо дар рамзҳо аз масофаи таҳрир гирифта шудааст ва онро масофаи Левенштейн меноманд. Он танҳо шумораи камтарини амалиёти таҳрир ҳисоб намуда, барои тағйир додани як сатр бо мақсади ба даст овардани сатри дигар истифода мешавад. Ин ҳолат дар ифодаи 1.4 нишон дода шудааст [137].

$$CER = \frac{(i+s+d)}{n} \quad (2.15)$$

дар ин ҷо i - миқдори воридкуниҳои заруриро ифода мекунад, d - миқдори хориҷ намуданро талаб менамояд, s - шумораи ивазкунии барои табдил додани натиҷаи низом ба натиҷаи дилхоҳ ва n - шумораи умумии аломатҳо дар баромади мақсаднок [71].

Барои ҳисоб кардани басомади хатогӣҳо дар рамзҳо дар ибтидо як хатти заминавии транскрипсияи “дуруст”, одатан аз тарафи мутахассис сохта мешавад, зарур аст. Баъдан миқдори ивазкунии, дохилкунии ва соқиткунии пас аз арзиши заминавӣ ҳисоб карда мешавад. Тағйирот одатан калимаҳое мебошанд, ки иштибоҳ ё хато навишта шудаанд. Онҳо калимаҳои нодуруст ҳисобида мешаванд. Мавҷудияти аз ҳад ками калимаҳо, хатогии тозашиканда ва мавҷудияти аз ҳад зиёди миқдори калимаҳо хатогии воридкунии номида мешавад [139].

Дар ин таҳқиқот технологияи PyTorch ва numpy сохта шудааст, васеи истифода карда шудааст. Таҷрибаҳо дар сервери донишгоҳ гузаронида шуда, дар таҳқиқоти мазкур ҳамчун таҷрибаомӯзӣ бо чаҳор GPU-и NVIDIA Tesla V100 давоми 22 рӯз гузаронида шуд.

Маҷмӯи маълумот дар сервери ягона бо хотираи 170 гигабайт нигоҳ дошта мешавад ва имкон медиҳад, ки гурӯҳи калони додаҳо дар вақти омӯзиш таъмин намояд. Ба сифати воситаи асосии ҳисобӣ сервери HPE ProLiant DL380-Gen9 бо протсессори Intel Xeon E5-2650v4 12-Core истифода шудааст. Чуноне, ки таҷриба нишон медиҳад, истифодаи усулҳои шабакаи пинҳони Марков боиси омӯзиши босуръати шабака мегардад. Натиҷаи чунин самаранокӣ он аст, ки дар давоми якчанд рӯз таҷрибаро гузаронида, натиҷаи назаррас ба даст оварда шуд, ҳол он ки қаблан барои гирифтани натиҷа вақти зиёд талаб карда мешавад.

2.4. Усулҳои омӯзиши акустикӣ дар амсилаи TajNN-SAT

Дар ин зербоб хусусияти таҷрибаҳо ва натиҷаҳои онҳо дар муқоиса бо амсилаҳои истифодашавандаи нутқ мавриди муҳокима қарор дода мешаванд.

Аввалан, баъзе таҷрибаҳо барои дарёфти беҳтарин хусусиятҳо ва танзими онҳо барои амсилаи TajNN-SAT анҷом дода мешаванд. Барои бартараф кардани маҳдудияти вақт ва зудтар ба даст овардани натиҷаҳо раванди таҳлил ва таҷрибаҳо бо маҷмӯи додаҳои Taj-Speech-Corpus иҷро карда шудаанд.

Дар асоси натиҷаи корҳои таҳқиқотӣ дар диссертатсия маҷмӯи таҷрибаҳои ниҳой гузаронида шуданд. Барои баланд бардоштани самаранокӣ, харду амсила TajNN-SAT ва ЗДИАО-ШН дар маҷмӯи маълумоти овозӣ бо забони тоҷикӣ, яъне дар Taj-Speech-Corpus мавриди омӯзиш қарор дода шуданд. Ташхиси хулосабарорӣ аз рӯйи чадвали дарозии вақт дар муддати 25 рӯзи корӣ гузаронида шуданд. Дар натиҷа, амсилаи беҳтарин дар интиҳоби додаҳои тоҷикӣ муайян карда шуд, ки дар оянда барои коркарди низоми шинохти нутқ бо забони тоҷикӣ истифода карда мешавад. Дар чадвалҳои оянда, натиҷаҳои таҷрибаҳои гуногун, ки дар рафти таҳқиқот дар амсилаҳои TajNN-SAT ва ЗДИАО-ШН гузаронида шудаанд, пешниҳод карда мешаванд. Дар ин маврид сохтори амсилаи TajNN-SAT ҳамон тавре, ки муайян карда шуда буд боқӣ мемонад.

Барои амсилаи TajNN-SAT хусусиятҳои беҳтарин ва самарабахш пайдо карда шуданд ва дар асоси таҷрибаҳо ба онҳо таваҷҷуҳи асоснок дода мешавад. Дар чадвалҳои 2.1. ва 2.2. хусусиятҳои дарёфтшуда нишон дода шудаанд. Хусусиятҳои интиҳобшударо дар асоси шабакаҳои амиқи занҷири дарозии хотираи кӯтоҳмуддат омӯхта шудаанд. Аммо дар амсилаи ЗДИАО-ШН сохтори беҳтарини шабакаи нейронӣ низ пайдо карда шудаанд. Аз ин рӯ, барои амсилаи ЗДИАО-ШН нисбати амсилаи TajNN-SAT ҳамчун танзимои хусусиятҳои мутамарказонидашуда ва барои дарёфти беҳтарин қимматҳои онҳо тавассути таҷрибаҳо ба даст оварда шудаанд. Натиҷаи таҷрибаҳо дар чадвалҳои 2.3., 2.4. ва 2.5. оварда шудаанд [135].

Натиҷаҳои се таҷриба дар чадвали 2.6. нишон дода шудаанд. Дар ин раванд барои беҳтар намудани таҳлили додаҳои ба градиент асосёфта, аз технологияи маъмули Adam истифода карда шуд.

Чуноне ки аз чадвали 2.6 дида мешавад раванди беҳтаршавӣ аз андозаи таркиш ва мӯътадил кардани додаҳо вобастагии калон дорад. Натиҷаҳо таҷрибаҳо ҳамчун фоизи басомади хатогиҳо дар рамзҳо пешниҳод карда мешаванд [136-137].

Чадвали 2.6. – Хусусиятҳои беҳтарин дар маҷмӯи маълумоти Taj-Speech-Corpus (бо суръати омӯзиши 0,0001)

№	Технологияи беҳтаргардонӣ	Андозаи таркиш	Мӯътадили додаҳо	Басомади хатогиҳо дар рамзҳо %
1	Adam + AdaGrad	4	Не	0.78
2	Adam + RMSProp	4	Не	0.89
3	Adam + AdaGrad	1	Ҳа	0.35
4	Adam + RMSProp	1	Ҳа	0.49

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Аз чадвали 2.7. натиҷаҳои таҷрибаҳое, ки дар амсилаи TajNN-SAT барои омӯзиши таъсири андозаҳои таркиши ягона оид ба маҷмӯи додаҳои соҳаҳои гуногун аз корпуси Taj-Speech-Corpus гузаронида шуданд, дида мешавад. Дар ин маврид низ суръати омӯзиш ба 0,0001 баробар аст.

Чадвали 2.7. - Хусусиятҳои беҳтарин дар маҷмӯи додаҳои соҳаҳои гуногун аз корпуси Taj-Speech-Corpus

№	Технологияи беҳтаргардонӣ	Андозаи таркиш	Маҷмӯи додаҳо	Мӯътадили додаҳо	басомади хатогиҳо дар рамзҳо %
1	Adam	1	Тиб	Ҳа	0.51
2	Adam	1	Сайёҳӣ	Ҳа	0.63
3	Adam	1	Таълим	Ҳа	0.35
4	Adam	1	Афсонаҳои кӯдакона	Ҳа	0.53

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Технологияи Adam бо худ як алгоритми маъмули беҳтаргардонӣ ба ҳисоб меравад, ки дар омӯзиши амсилаҳои шабакаи нейронӣ васеъ истифода карда мешавад. Он имкониятҳои ду усули дигари беҳтаргардонӣ ба монанди алгоритмҳои AdaGrad – барои беҳтар гардонидани функцияи даври мақсадноки шабакаи нейронӣ ба пастшавии градиентҳои стохастикӣ асос

ёфтааст ва RMSProp – барои беҳтаргардонӣ қиммати миёнаи квадратҳои ҳаракат ва пастшавии градиентҳои псевдостохастикӣ асос ёфтааст, яқоя истифода мебарад. Дар айни замон барои беҳтар кардани вазн ва ҳатогиҳои шабакаи нейронӣ технологияи Adam воситаи босамар ба ҳисоб меравад.

Давоми таҳқиқот раванди мӯътадил шудани амсилаи нутқ санчида шудаанд, он ба дақиқии амсилаи истифодашаванда таъсири бузурги худро мерасонад.

Дар ҷадвали 2.8 натиҷаи таҷрибаҳое, ки дар амсилаи занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба барои маҷмӯи додаҳои Taj-Speech-Corpus гузаронида шудаанд, оварда шудаанд. Ҷои басомади ҳатогиҳо дар рамзҳо пешниҳодшуда барои ҷалби диққати таҳиягарони низомҳои шинохти нутқ аст. Дар раванди таҷрибаҳо дар сатҳи қабатҳои занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба муттаҳидшавии максималӣ истифода карда мешавад. Тавре, ки аз натиҷаҳои таҷрибаҳо бармеояд, пайгирии қабати пурра пайваستшуда ва шумораи қабатҳои занҷири дучонибаро нишон медиҳад ва ҷуноне, ки дида мешавад, дар ин озмоишҳо қабатҳои шабакаи нейронҳои печонро истифода набурданд [141].

**Ҷадвали 2.8. – Натиҷаи таҷрибаҳо бо амсилаи ЗДИАО-ШН
дар маҷмӯи Taj-Speech-Corpus**

№	Муттаҳидшавии максималӣ	Андозаи таркиш	Дастрасии додаҳо	басомади ҳатогиҳо дар рамзҳо %
1	Ҳа	16	Пайдарпай	0.85
2	Ҳа	32	Пайдарпай	0.85
3	Ҳа	64	Пайдарпай	0.85
4	Не	16	Эҳтимолий	0.83
5	Не	32	Эҳтимолий	0.85
6	Не	64	Эҳтимолий	0.9

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Аз натиҷаи таҷрибаи охирин дар ҷадвали 2.6. нишон дода шуда, ба хулоса омадан мумкин аст, ки истифодабарии дастаи андозаи як баста ба дақиқии амсила таъсири худро мерасонад.

Дар чадвали 2.7. дар мавриди нишонаҳои беҳтарини гиперандозаҳо муайян карда шуда, амсила ба маҷмӯи додаҳои соҳаҳои гуногун татбиқ кардем. Таъсири андозаи маҷмӯи маълумотро аз натиҷаҳои ин чадвал дидан мумкин аст. Бо назардошти натиҷаҳои таҷрибаҳо дар амсилаи TajNN-SAT андозаи беҳтарин барои гиперандозаҳо пайдо карда шуд. Аз ин рӯ, дар мавриди татбиқи амсилаи ЗДИАО-ШН андозаҳои максималиро бо қимматҳои беҳтарин истифода карда шуданд. Дар натиҷа сохтори самараноки занҷири думарҳилаи ибтидоии акустикаи омӯзишӣ барои шабакаи нейронӣ дарёфт ва тасдиқ карда шуд.

Нисбати озмоишҳои дар чадвали 2.8. нишон дода шуда, чунин хулоса карда мешавад, ки истифодаи панҷ қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба натиҷаҳои беҳтаринро медиҳад. Озмоишҳо инчунин нишон медиҳанд, ки истифодаи андозаи хурдтар ба натиҷаҳои беҳтар оварда мерасонад.

Бо назардошти натиҷаҳои озмоишҳои қаблӣ барои санҷидани хурдтар кардани андозаи даста танҳо панҷ қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучонибаро истифода карда мешаванд (чадвали 2.9).

Чадвали 2.9. - Хусусиятҳои амсилаи ЗДИАО-ШН барои маҷмӯи маълумоти Taj-Speech-Corpus

№	Муттаҳидшавии максималӣ	Қабати пурра пайвастшуда	Қабати занҷир	Дастрасии додаҳо	басомади хатогихо дар рамзҳо %
1	Ҳа	Ҳа	1	Пайдарпай	0.81
2	Ҳа	Ҳа	1	Пайдарпай	0.81
3	Ҳа	Ҳа	5	Эҳтимолӣ	0.78
4	Ҳа	Ҳа	5	Эҳтимолӣ	0.80

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Чуноне, ки аз чадвал 2.9 дида мешавад, фоизи басомади хатогихо дар рамзҳо барои ҷалби таҳиягарон мебошад. Дар ин маврид, қабати занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба сатҳи максималии муттаҳидкунӣ ва пайвасти охирин истифода мешавад, ки қабати охирин ба ҳисоб меравад. Дар

қабатҳои занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба андозаи пинҳонии ҳар як самт ба 256 баробар аст.

Ҷадвали 2.10. - Хусусиятҳои амсилаи ЗДИАО-ШН дар маҷмӯи додаҳои соҳаҳои гуногун аз корпуси Taj-Speech-Corpus

№	Муттаҳид- шавии максималӣ	Қабати пурра пайвастишуда	Қабати занҷир	Дастрасии додаҳо	Маҷмӯи додаҳо	Басомади хатогиҳо дар рамзҳо %
1	Ҳа	Ҳа	1	Пайдарпай	Тиб	0.85
2	Ҳа	Ҳа	1	Пайдарпай	Сайёҳӣ	0.80
3	Ҳа	Ҳа	1	Пайдарпай	Таълим	0.74
4	Ҳа	Ҳа	1	Пайдарпай	Афсонаҳои кӯдакона	0.78
5	Ҳа	Ҳа	5	Эҳтимолий	Тиб	0.98
6	Ҳа	Ҳа	5	Эҳтимолий	Сайёҳӣ	0.80
7	Ҳа	Ҳа	5	Эҳтимолий	Таълим	0.76
8	Ҳа	Ҳа	5	Эҳтимолий	Афсонаҳои кӯдакона	0.86

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Чуноне ки дар ҷадвали 2.10. дида мешавад, натиҷаи сохтории ЗДИАО-ШН барои маҷмӯи додаҳои Taj-Speech-Corpus нисбат ба натиҷа барои маҷмӯи маълумоти соҳаи тиб начандон хуб аст. Инро бо таъсири шумораи сифрҳо, ки ҳангоми истифодаи калимаҳои соҳавии тиб дар Taj-Speech-Corpus ба шабакаи интиқол дода мешаванд, шарҳ додан мумкин аст. Азбаски дарозии намунаҳо бо пуррагӣ дар Taj-Speech-Corpus гуногун мебошанд, барои якхела кардани андозаи додаҳои воридшаванда сифрҳо ба намунаҳои кӯтоҳтар илова карда мешаванд, то ки ҳамаи додаҳои воридшаванда мутобиқи дарозӣ баробар шаванд.

Мувофиқи натиҷаи озмоишҳои қаблӣ, ба чунин ақида омадан мумкин аст, ки пас аз қабатҳои занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба дар қабати боло бо муттаҳидии максималӣ ҳамчун ҳалқаи охирини занҷир истифода карда мешавад.

Дар ҷадвали 2.11 дар асоси таҳлил ва таҳқиқот хулосаи мухтасар оид ба беҳтарин, ки бо ҳарду амсилаи шинохти нутқ дар маҷмӯъҳои додаҳои Taj-Speech-Corpus маълумоти саҳеҳ оварда шудааст [133].

**Ҷадвали 2.11. - Натиҷаи беҳтарин дар амсилаҳо TajNN-SAT ва ЗДИАО-ШН дар
мачмӯҳои додаҳои Taj-Speech-Corpus**

№	Model	Мачмӯи додаҳо	Басомади хатогӣ дар рамзҳо %
1	TajNN-SAT	Taj-Speech-Corpus	0.32
2	ЗДИАО-ШН	Taj-Speech-Corpus	0.83

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Бо назардошти натиҷаҳои озмоишҳо ҳамаи андозаҳои бузург, ба истиснои технологияи беҳтаргардонии Adam самараи беҳтаринро нишон медиҳад. Пас аз ҷустуҷӯи технологияи беҳтарин қадами навбатӣ ин муайян кардани самаранокии “тоза” кардани додаҳо мебошад. Муқоисаи натиҷаи таҷрибаҳои дар ҷадвалҳои 2.7 то 2.10 аз он шаҳодат медиҳад, ки муътадилкунӣ ба дурустии амсилаи TajNN-SAT таъсири назаррас ва босамар дорад. Илова бар ин, омӯзиши суръати ками додаҳо низ тафтиш карда шуд, аммо он натиҷаи босамар надод. Аз ин рӯ дар ҳама раванди таҷрибаҳо суръати омӯзиш ба 0,0001 баробар карда шуд.

Дар раванди таҷриба андозаҳои гуногуни баста санҷида шуд ва андозаи бастаи баробар ба як воҳид натиҷаи беҳтаринро ҳосил кард.

Инчунин ба хулоса карда мешавад, ки технологияи Adam бо суръати омӯзиши 0,0001 ва андозаи бастаи баробар ба воҳид яке аз беҳтарин танзимои барои андозаҳои калони додаҳо мебошад.

Дар расми 2.7. басомади хатогӣ дар рамзҳо ва талафоти амсилаи TajNN-SAT дар мачмӯи додаҳои тоҷикӣ нишон дода шудааст. Андозаи баста ба як воҳид баробар буда ва додаҳо муътадил карда шудаанд. Суръати омӯзиш 0.0001-ро ташкил намуда, илова бар ин технологияи беҳтаргардонии Adam истифода карда шудааст.

Тавре ки дида мешавад, ҳам басомади хатогӣ дар рамзҳо ва функсияҳои талафот ҳам якҷоя шуданд, аз ин рӯ зарурияти идома додани озмоиш ба назар намерасад. Натиҷаи аз ҳама зиёди басомади хатогӣ дар рамзҳо ба 47% баробар мебошад.

Ҳамин тариқ, тавассути баҳодиҳии нишондиҳанда бо беҳтарин хусусиятҳои босамар даст оварда шуданд. Аз натиҷаҳо ба хулосае омадан мумкин аст, гарчанде ки маҷмӯи додаҳои якхела бо коркарди пешакии додаҳои якхела барои ҳарду амсила истифода карда шуд. Бо мақсади боварӣ ҳосил намудан, аз рӯйи муқоисаи амсилаи TajNN-SAT натиҷаҳои беҳтарин бо ҷудо кардани маҷмӯи додаҳои тоҷикӣ бе истифодаи амсилаи забони дигар ба роҳ мондан имконият медиҳад. Ин захираҳои назарраси амсилаҳои рамзгузор-рамхкушо, ки ба таваҷҷуҳ асос ёфтаанд, дар муқоиса бо амсилаҳои оддии занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддатро нишон медиҳад.

Хулосаи боби дуюм

Хусусияти таҷрибавӣ ва натиҷаҳои онҳо дар муқоиса бо амсилаҳои истифодашавандаи нутқ мавриди муҳокима қарор дода шуданд. Барои дарёфти хусусиятҳои беҳтарин ва танзими онҳо барои амсилаи TajNN-SAT ба роҳ монда шуданд. Барои бартараф кардани маҳдудияти вақт ва зудтар ба даст овардани натиҷаҳо раванди таҳлил ва таҷрибаҳо бо маҷмӯи додаҳои Taj-Speech-Corpus истифода карда шудаанд. Дар асоси натиҷаи корҳои таҳқиқотӣ дар диссертатсия маҷмӯи таҷрибаҳои ниҳой гузаронида шуданд. Барои баланд бардоштани самаранокӣ, ҳарду амсила TajNN-SAT ва ЗДИАО-ШН дар маҷмӯи маълумоти овозӣ бо забони тоҷикӣ, яъне дар Taj-Speech-Corpus мавриди омӯзиш қарор дода шуданд. Ташҳиси хулосабарорӣ аз рӯйи ҷадвали дарозии вақт дар муддати 25 рӯзи корӣ гузаронида шуданд. Дар натиҷа, амсилаи беҳтарин дар интиҳоби додаҳои тоҷикӣ муайян карда шуд, ки дар оянда барои коркарди низоми шинохти нутқ бо забони тоҷикӣ истифода карда мешавад.

1. Тавассути баҳодиҳии нишондиҳанда бо беҳтарин хусусиятҳои босамар даст оварда шуданд. Аз натиҷаҳо ба хулосае омадан мумкин аст, гарчанде ки маҷмӯи додаҳои якхела бо коркарди пешакии додаҳои якхела барои ҳарду амсила истифода карда шуд. Бо мақсади боварӣ ҳосил намудан, аз рӯйи муқоисаи амсилаи TajNN-SAT натиҷаҳои беҳтарин бо ҷудо кардани маҷмӯи

додаҳои тоҷикӣ бе истифодаи амсилаи забони дигар ба роҳ мондан имконият медиҳад. Ин захираҳои назарраси амсилаҳои рамзгузор-рамзкушо, ки ба таваҷҷуҳ асос ёфтаанд, дар муқоиса бо амсилаҳои оддии занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддатро нишон медиҳад.

2. Таҷрибаҳо нишон доданд, ки пас аз коркарди ибтидоии нутқ маҷмӯи фреймҳо, ки ба калимаи муайян мувофиқ аст, ба даст оварда мешавад. Барои муқоисакунӣ маълумоти ҳосилшуда ва маҷмӯи калимаҳои додашуда муайянкунӣ метрика зарур аст. Дар асоси воҳидҳои муайяншуда масофаи байни векторҳои фреймҳои овозӣ ва векторҳои маҷмӯи қиматҳои инъикоси масъалаи шинохт ҳисоб карда мешавад ва вобаста ба наздикшавии векторҳо мувофиқат муайян карда мешавад. Бо роҳи таҷрибавӣ муайян карда шуд, ки дарозии оптималии фрейм бояд ба фосилаи вақти 10 миллисония баробар буда, қисми болои ҳам хобанда ба 50% бояд баробар бошад. Албатта, қиматҳои адабии андозаҳои қайдшуда бояд барои забони табиӣ мушаххас ба таври таҷрибавӣ саҳеҳ карда шаванд. Бинобар ин, дар барномаҳои компютерӣ чунин қиматҳои ададӣ ҳамчун андоза бояд муайян карда шаванд. Дарозии миёнаи калимаи талаффузшуда ба 500 миллисония баробар аст чудокунӣ маълумоти калимаи талаффузшуда бо фреймҳо ба $\frac{500}{10 \cdot 0,5} = 100$ фрейм барои ҳар як калима медиҳад. Қимати андозаи мазкур бо тарзҳои зерин муайян карда шуданд: андоза ҳамчун доимӣ қабул карда мешавад ва ё таҳқиқоти сабткунанда ба таҳлили носаҳеҳи раванди шинохт оварда мерасонад; агар фосилаҳои хомӯшӣ, муддати вақти калонро ташкил карда бошанд, он гоҳ онҳо ба гуруҳҳо чудо кардани қиматҳои сигнал ва ба таври ошкор чудо намудан; таҳлили энтропия.

3. Дар марҳилаи рамзгузорӣ дар шабакаи амиқи занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддати дучониба ва марҳилаи рамзкушоӣ дар қабатҳои занҷири дарози хотираи кӯтоҳмуддат ба роҳ монда шуданд. Дар рамзгузорӣ бандҳои занҷир аз муттаҳидии қимматҳои максималиро пас аз ҳар як қабат бо назардошти ченаки вақт истифода мебаранд. Инчунин, сохтори васеъшавандаи омӯзиш барои

шабакаҳои универсалии нейронӣ ба сифати омӯзиши пешакӣ истифода карда мешавад. Қолаб дар Taj-Speech-Corpus ба тарзи омӯзишӣ санчида шудааст ва самаранокии 4,93% басомади хатогӣ дар шинохти калимаҳо ташкил дод. Дар раванди таҳқиқоти илмӣ истифодаи амалии амсилаи TajNN-SAT дар маҷмӯи ҷустуҷӯи фармонҳои овозӣ аз соҳаи тиб бо басомади хатогии 16,2%, дар соҳаи таълим ба 10,3% баробар ба даст оварда шуданд.

4. Дар асоси таҳқиқот маълум гашт, ки истифодаи амалӣ ва татбиқи амсилаҳои дигари дастраси шинохти нутқ дар Taj-Speech-Corpus ба роҳ мондан имконпазир аст. Зеро, ки масъалаи шинохти нутқ дар як маврид барои ду ва ё зиёда забон дар марҳилаи параллелӣ ба сифати ҷузъи калидии амсилаи онҳо мебошад. Дурустии амсилаи *шабакаҳои нейронҳои печон бо амсилаи якчанд забон* дар Taj-Speech-Corpus ба 23,67% баробар аст.

5. Дар раванди таҳқиқот ду низоми шинохти нутқро дар асоси шабакаҳои нейронҳои занҷирӣ муқоиса карда шуданд. Баъдан, ҳарду амсиларо низ барои маҷмӯи додаҳои тоҷикӣ омӯзонида ва натиҷаҳои бадастомадаро дар асоси басомади хатогӣ дар рамзҳо гузориш дода мешаванд. Барои маҷмӯи додаҳо бо забони тоҷикӣ корпуси Taj-Speech-Corpus интиҳоб карда шуд. Илова ба фарзияи пурраи Taj-Speech-Corpus дорои зергурӯҳҳои гуногун аст, ки аз соҳаҳои “тиб”, “сайёҳӣ”, “таълим”, ва “афсонаҳои кӯдакона” иборат аз зиёда 300 соат мебошад. Фарзияи хурдтари озмудашудаи Taj-Speech-Corpus ҷойгир мебошад, ки дорои 1000 намунаи омӯзишӣ дар веб-сомонаи www.tajlingvo.tj дастрас аст.

БОБИ 3. МАҶМЁИ БАРНОМАҲОИ КОМПЮТЕРИИ ТАҶИК-AVCS

3.1. Амсилаи математикии равандҳои корӣ

Низомҳои шинохти нутқ лоиҳаҳои ҳисоббарорӣ мебошанд, ки барои нутқи муттасили корбарро аз ҷараёни умумии садоҳо фарқ кардан имконият медиҳанд. Ин низомҳо ба технологияи шинохти нутқ асос ёфтаанд, ки тавассути раванди шинохти калимаҳо аз овоз ба сигналҳои рақамӣ табдил меёбанд. Ҳамчунин роҳи ҳалли масъала ин коркарди модулҳои таъминоти барномавӣ барои шинохти нутқ ва ҷустуҷӯи додаҳои зарурӣ дар матни ҳосилшуда, пешниҳод карда мешаванд [124].

Дар доираи кори таҳқиқотӣ низоми шинохти нутқ барои фармонҳои овозӣ ба забони тоҷикӣ таҳия карда шудааст ва он аз гуфтори корбар мустақил аст. Луғати низоми коркардшуда фармонҳоро дар намуди матнӣ дар бар мегирад, ки низом онҳоро қабул ва мешиносад. Ҳангоми кор бо низом, корбар метавонад дар байни талаффузи калимаҳо таваққуфи иловагӣ накунад, зеро низом бо нутқи пайваста кор мекунад. Ҳамчун воҳиди сохтории луғат дар низом калимаҳо ва ибораҳо истифода карда мешаванд, ки маънои фармонҳои овозии корбарро ба соҳаи махсуси низоми шинохт мансуб мебошанд. Модулҳои асосии низом дар асоси алгоритмҳои шабакаи нейронӣ мувофиқи концепсияи хотираи кӯтоҳи дарозмуддат таҳия шудаанд.

Барои оғоз, ташкили сохтории низом бояд таъсис дода шавад. Дар доираи ин низом унсурҳои зерин муҳим хоҳанд буд:

1. Равандҳои корӣ – P:

- P1) Бақайдгирӣ ва назорати корбарон;
- P2) Ташкили манбаи додаҳои луғат;
- P3) Кор бо сабти овоз;
- P4) Шинохти нутқ;
- P5) Таҳлили натиҷаи шинохти нутқ.

2. Субъектҳо – S:

- S1) Маъмур;
- S2) Корбари оддӣ;
- S3) Забоншинос (мутахассис);
- S4) Мухандис.

3. Функсияҳои имконпазир – F:

- f1) Бақайдгирии корбар;
- f2) Аз қайд гузаштани корбар;
- f3) Воридшавӣ ба низом;
- f4) Таҳрири “мизи кории” корбар;
- f5) Ворид кардани элементи матнӣ ба луғат;
- f6) Таҳрир кардани элементи матнӣ дар луғат;
- f7) Сабти овоз ва коркарди аввали он;
- f8) Тақсим намудани сабт ба воҳидҳои (қолаб) овозӣ;
- f9) Идоракунии воҳидҳои (қолаб) овозӣ;
- f10) Ташхиси овози воридшуда;
- f11) Муқоиса бо воҳидҳои матнии дар луғат ҷойдошта;
- f12) Ҳисоби фоизи дақиқи шинохти нутқ;
- f13) Пешниҳоди воҳиди матнӣ мувофиқи натиҷаи шинохти нутқ;
- f14) Таъмини амнияти иттилоот [126].

4. Пояи додаҳо ва ҷадвалҳои он – T:

- t1) Корбари низоми иттилоотӣ: рақами тартибии корбар, ном, насаб, чинс, санаи таваллуд, почтаи электронӣ, маълумот оид ба таҳсилот, вазифа.
- t2) Элементи матн: рақами тартибии элементи матн, матн, намуд (ҳарф, ҳичо, калима, ибора, ҷумла), санаи ворид кардан, соҳаи предметӣ, эзоҳот.
- t3) Элементи овоз: рақами тартибии элементи овоз, сабти овоз, намуд (wav, mp3), санаи сабт кардан, рақами тартибии корбар, эзоҳот.
- t4) Шинохти нутқ: рақами тартибии элементи матн, рақами тартибии элементи овоз, фоизи дақиқи шинохт, ҳолати шинохт, эзоҳот;
- t5) Натиҷаи таҳлили фаъолнокии корбар: рақами тартибии корбар, миқдори элементи овозии сабткарда, фоизи миёнаи шинохти нутқ.

Амсилаи математикӣ муносибати байни субъектҳо, функсияҳо ва маълумотро дар таҳлили омӯрӣ тавсиф мекунад:

$$I_{S_i}^{P_j} \Rightarrow f_k(t_1, t_2, t_3, \dots, t_q) \Rightarrow I_n \quad (3.1)$$

дар ин ҷо:

- $I_{S_i}^{P_j}$ – иштироки субъекти $S(i)$ дар раванди $P(j)$ дар муҳити кории I , $i=1,2,\dots,4$ ва $j=1,2,\dots,5$;
- $f_k(t_1, t_2, t_3, \dots, t_q)$ – дастрасии функсияи $F(k)$ барои коркарди додаҳои ҷадвали $T(q)$, $k=1,2,\dots,14$ $q=1,2,\dots,5$.
- I_n – пешниҳоди натиҷа дар муҳити кории нав.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f1. Субъекти $S1$ (маъмури низом) аз раванди $P1$ (бақайдгирӣ ва назорати корбарон) ва функсияи $f1$ (бақайдгирии корбар) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои $t1$ (корбарони низоми иттилоотӣ) ба роҳ мемунад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S1)}^{(P1)} \Rightarrow f_1(t1) \Rightarrow I_n \quad (3.2)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S1)}^{(P1)}$ – муҳити корӣ барои бақайдгирии корбар;

$f_1(t1)$ – бақайдгирии корбар ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвали корбари низоми иттилоотӣ;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f2. Субъекти $S1$ (маъмури низом) аз раванди $P1$ (бақайдгирӣ ва назорати корбарон) ва функсияи $f2$ (аз қайд гузаштани корбар) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои $t1$ (корбарони

низомии иттилоотӣ) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад. [85]

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S1)}^{(P1)} \Rightarrow f_2(t1) \Rightarrow I_n \quad (3.3)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S1)}^{(P1)}$ – муҳити корӣ барои аз қайд гузаштани корбар;

$f_2(t1)$ – аз қайд гузаштани корбар ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвали корбари низомии иттилоотӣ;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_3 . Субъекти $S1$ (маъмури низом) аз раванди $P1$ (бақайдгирӣ ва назорати корбарон) ва функсияи f_3 (воридшавӣ ба низом) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои $t1$ (корбарони низомии иттилоотӣ) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S1)}^{(P1)} \Rightarrow f_3(t1) \Rightarrow I_n \quad (3.4)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S1)}^{(P1)}$ – муҳити корӣ барои воридшавӣ ба низом;

$f_3(t1)$ – воридшавӣ ба низом ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвали корбари низомии иттилоотӣ;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_4 . Субъекти $S1$ (маъмури низом) аз раванди $P1$ (бақайдгирӣ ва назорати корбарон) ва функсияи f_4

(таҳлили “миз кори”- и корбар) корбар бо истифодаи додаҳои ҷадвалиҳои t_1 (корбарони низоми иттилоотӣ) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S1)}^{(P1)} \Rightarrow f_4(t_1) \Rightarrow I_n \quad (3.5)$$

дар инҷо:

$I_{(S1)}^{(P1)}$ – муҳити корӣ барои таҳрири мизи кории корбар;

$f_4(t_1)$ – таҳлили “миз кори”- и корбар ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвали корбари низоми иттилоотӣ;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_5 . Субъекти S_3 (забонишинос (мутахассис)) аз раванди P_2 (ташкили манбаи додаҳои луғат) ва функсияи f_5 (ворид кардани элементи матнӣ ба луғат) корбар бо истифодаи додаҳои ҷадвалиҳои t_2 (элементи матн) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S3)}^{(P2)} \Rightarrow f_5(t_2) \Rightarrow I_n \quad (3.6)$$

дар инҷо:

$I_{(S3)}^{(P2)}$ – муҳити корӣ барои ворид кардани элементҳои матнӣ ба луғат;

$f_5(t_2)$ – ворид кардани элементҳои матнӣ ба луғат ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвали элементи матн;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f6. Субъекти S3 (забониносо (мутахассис)) аз раванди P2 (ташкили манбаи додаҳои луғат) ва функсияи f6 (таҳрир кардани элементи матнӣ дар луғат) қорбар бо истифодаи додаҳои ҷадвали t2 (элементи матн) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин қор, маълумоти нави I(n) ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S3)}^{(P2)} \Rightarrow f_6(t2) \Rightarrow I_n \quad (3.7)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S3)}^{(P2)}$ – муҳити қорӣ барои ворид кардани элементҳои матнӣ ба луғат;

$f_6(t2)$ – Таҳрир кардани элементи матнӣ дар луғат ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвали элементи матн;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f7. Субъекти S2 (қорбари оддӣ) аз раванди P3 (қор бо сабти овоз) ва функсияи f7 (сабти овоз ва қоркарди аввали он) бо истифодаи додаҳои ҷадвали t3 (элементи овоз) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин қор, маълумоти нави I(n) ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S2)}^{(P3)} \Rightarrow f_7(t3) \Rightarrow I_n \quad (3.8)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S2)}^{(P3)}$ – муҳити қорӣ барои сабти овоз;

$f_7(t3)$ – функсияи сабти овоз ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_8 . Субъекти S_2 (корбари оддӣ) аз раванди P_3 (кор бо сабти овоз) ва функсияи f_8 (тақсим намудани сабт ба воҳидҳои (қолаб) овозӣ) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои t_3 (элементи овоз) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S_2)}^{(P_3)} \Rightarrow f_8(t_3) \Rightarrow I_n \quad (3.9)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S_2)}^{(P_3)}$ – муҳити корӣ барои тақсим намудани сабт ба воҳидҳои овозӣ;

$f_8(t_3)$ – функсияи тақсим намудани сабт ба воҳидҳои (қолаб) овозӣ ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_9 . Субъекти S_4 (муҳандиси барнома) аз раванди P_3 (кор бо сабти овоз) ва функсияи f_9 (идоракунии воҳидҳои (қолаб) овозӣ) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои t_3 (элементи овоз) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S_4)}^{(P_3)} \Rightarrow f_9(t_3) \Rightarrow I_n \quad (3.10)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S_4)}^{(P_3)}$ – муҳити корӣ барои идоракунии воҳидҳои овозӣ;

$f_9(t_3)$ – функсияи идоракунии воҳидҳои (қолаб) овозӣ ва нигоҳдории маълумот дар ҷадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_{10} . Субъекти S_4 (муҳандиси барнома) аз раванди P_4 (шинохти нутқ) ва функсияи f_{10} (ташҳиси овози воридшуда) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои t_3 (элементи овоз) ва t_4 (шинохти нутқ) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S_4)}^{(P_4)} \Rightarrow f_{10}(t_3, t_4) \Rightarrow I_n \quad (3.11)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S_4)}^{(P_4)}$ – муҳити корӣ барои таҳлили овози воридшуда;

$f_{10}(t_3, t_4)$ – функсияи таҳлили овози воридшуда ва нигоҳдории маълумот ва шинохти нутқ дар ҷадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функсияи f_{11} . Субъекти S_4 (муҳандиси барнома) аз раванди P_5 (таҳлили натиҷаҳои шинохти нутқ) ва функсияи f_{11} (ташҳиси овози воридшуда) бо истифодаи додаҳои ҷадвалҳои t_2 (элементи матн), t_3 (элементи овоз) ва t_4 (шинохти нутқ) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S_4)}^{(P_5)} \Rightarrow f_{11}(t_2, t_3, t_4) \Rightarrow I_n \quad (3.12)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S_4)}^{(P_5)}$ – муҳити корӣ барои муқоисаи воҳидҳои матни дар луғат;

$f_{11}(t_2, t_3, t_4)$ – функцияи таххиси овози воридшуда ва нигоҳдории маълумот, элементи матн ва шинохти нутқ дар чадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функцияи f12. Субъекти S4 (*муҳандиси барнома*) аз раванди P5 (*таҳлили натиҷаҳои шинохти нутқ*) ва функцияи f12 (*муқоиса бо воҳидҳои матнии дар луғат ҷойдошта*) бо истифодаи додаҳои чадвалиҳои t_2 (*элементи матн*), t_3 (*элементи овоз*), t_4 (*шинохти нутқ*) ва t_5 (*натиҷаи таҳлили фаъолнокии корбар*) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S4)}^{(P5)} \Rightarrow f_{12}(t_2, t_3, t_4, t_5) \Rightarrow I_n \quad (3.13)$$

дар инҷо:

$I_{(S4)}^{(P5)}$ – муҳити корӣ барои муқоисаи воҳидҳои матни дар луғат;

$f_{12}(t_2, t_3, t_4, t_5)$ – функцияи муқоиса бо воҳидҳои матнии дар луғат ҷойдошта ва нигоҳдории маълумот, элементи матн, шинохти нутқ ва натиҷаи таҳлили фаъолнокии корбар дар чадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функцияи f13. Субъекти S4 (*муҳандиси барнома*) аз раванди P5 (*таҳлили натиҷаҳои шинохти нутқ*) ва функцияи f13 (*пешиноҳоди воҳиди матнӣ мувофиқи натиҷаи шинохти нутқ*) бо истифодаи додаҳои чадвали t_5 (*натиҷаи таҳлили фаъолнокии корбар*) ба роҳ мемонад. Дар натиҷаи ин кор, маълумоти нави $I(n)$ ҳосил мешавад, ки он барои шинохти овоз равона карда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S4)}^{(P5)} \Rightarrow f_{13}(t5) \Rightarrow I_n \quad (3.14)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S4)}^{(P5)}$ – муҳити корӣ барои пешниҳоди воҳиди матнӣ мувофиқи натиҷаи шинохти нутқ;

$f_{12}(t2, t3, t4, t5)$ – функцияи пешниҳоди воҳиди матнӣ мувофиқи натиҷаи шинохти нутқ ва натиҷаи таҳлили фаъолнокии корбар дар чадвал;

I_n – маълумоти нав оид ба сабти овоз ва ҳолати он.

Ифодаи математикӣ барои иҷрои функцияи f14. Субъекти S1 (маъмури низом) аз равандҳои P1 то P5 функцияи f14 (таъмини амнияти иттилоот) бо истифодаи ҳамаи чадвалҳои манба додаҳо аз $t1$ то $t5$ ба роҳ мемонад. Дар доираи таъмини амнияти иттилоот маъмур ба тамоми додаҳо новобаста аз сатҳи дастрасӣ корбарӣ менамояд. Дар ин маврид фаъолияти маъмур дар интерфейси махсуси $\bar{y}$ ба роҳ монда мешавад.

Намунаи амсилаи математикӣ бо истифода аз ин маълумот чунин аст:

$$I_{(S1)}^{(P1-P5)} \Rightarrow f_{14}(t1, t2, t3, t4, t5) \Rightarrow I_{admin} \quad (3.15)$$

дар ин ҷо:

$I_{(S1)}^{(P1-P5)}$ – муҳити корӣ барои таъмини амнияти иттилоот;

$f_{14}(t1, t2, t3, t4, t5)$ – функцияи таъмини амнияти иттилоот;

I_{admin} – муҳити кории маъмури низом.

Дар умум, дар доираи кори таҳқиқотӣ ҳамаи равандҳои корӣ дар асоси модели математикии функцияҳои имконпазир ҳамчун воҳиди сохтор ва рафтори низоми иттилоотӣ коркард карда шудаанд.

3.2. Сохтори мантиқии низоми шинохтагирии нутқ

Масъалаи амсиласозии компютерӣ ва пешниҳоди лоиҳаи таъминоти барномавӣ тавассути истифодаи васеи CASE-воситаҳо ҳалли худро меёбанд. Дар ин самт талаботи низом, сохтори мантиқӣ, ташҳиси объектҳо, муносибати мантиқии байни онҳо, равандҳои корӣ ва амсилаи воқеӣ бо истифода аз воситаҳои махсус муайян ва тасвир карда мешаванд. Марҳилаи амсиласозӣ аз муайян кардани маҷмӯи диаграммаҳо бо истифодаи забони UML барои таҳлили талабот ва пешниҳод ба марҳилаи коркард дар вақти воқеӣ муҳиманд, иборат аст. Диаграммаҳои асосие, ки бояд барои лоиҳаи Tajik-AVCR муайян карда дар рӯйхати зерин оварда мешавад:

1) *Диаграммаи ҳолатҳои истифодабарӣ*. Бо истифода аз ин диаграмма, функцияҳо ва ё равандҳои низоми шинохти нутқ ташҳис карда мешаванд. Дар робита ба иштирокчиёни раванди шинохти нутқ, ки аз корбарон ва низоми Tajik-VCR иборат мебошанд ҳамаи ҳолатҳои истифодабарӣ муайян карда мешавад. Рафтори асосии низоми Tajik-AVCR дар мавриди худ сохтори дохилии онро ошкор мекунад.

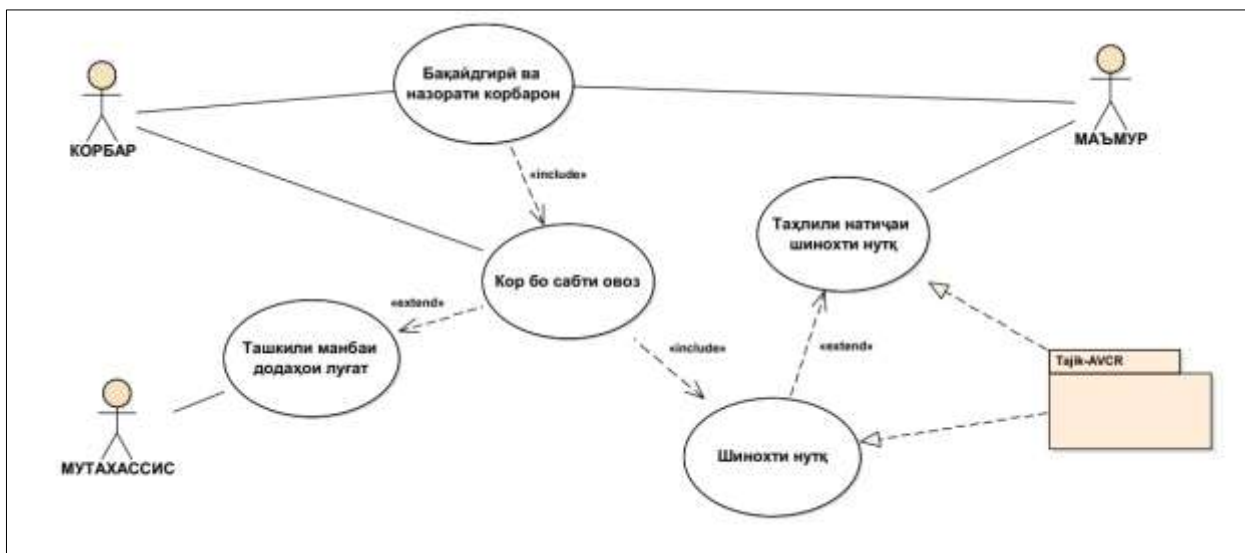
2) *Диаграммаи ҳамкорӣ*. Ин намуди диаграммаҳо барои тарҳрезии равандҳои ҳолатҳои истифодабарӣ, ки талабот ба низомро муайян мекунад, истифода мешаванд. Тавсифи объектҳои низоми иттилоотӣ ва муносибати мантиқии онҳо қисми махсуси ин диаграмма ба ҳисоб мераванд. Амсилаи ҳамкорӣ барои муайян кардани сохтори меъморӣ низом дар вақти воқеӣ муфид истифода карда мешавад.

3) *Диаграммаи синфҳо*. Ин намуди диаграммаҳо барои амсиласозии сохтори мантиқии низоми иттилоотӣ истифода мешавад. Диаграмма маҷмӯи гуногуни синфҳо ва муносибати омории байни онҳоро муайян менамояд. Дар диаграмма хосиятҳои синф, амалиёти он ва қоидаҳои барои муносибати синфҳо истифодашаванда ҷойгир карда мешаванд. Синфҳо дар асоси ташҳиси объектҳои дар диаграммаҳои ҳамкорӣ ба даст оварда, муайян ва бо истифодаи имкониятҳои вобастагӣ ҳамчун карда мешаванд [117].

4) *Диаграммаи фаъолият*. Ҳамкориҳои байни объектҳо, ки дар асоси синф ҳосил карда мешаванд, бо тартиби вақти воқеъ бо истифода аз вазифаи тавсифшуда диаграммаи равандҳои кориро ифода мекунанд. Бо дигар мазмун ин намуди диаграммаҳо алгоритми иҷрошавии ҳар як чараёнхоро дар бар мегирад. Ҳаминро бояд қайд карда. Ки дарои ҳар як раванди корӣ дар алоҳидагӣ диаграмма муайян ва коркард карда мешавад. Дар мавриди охир, диаграммаҳо аз тарафи муҳандисон барои коркарди амсилаи воқеъ босамар истифода карда мешаванд.

Амсилаи рафтор. Дар марҳилаи амсиласозии талаботи низоми иттилоотӣ, чараёнҳои корӣ одатан барои намоиш додани вазифаҳои асосии таъминоти барномавӣ истифода мешаванд. Ин чараёнҳо бо воситаҳои истифодашуда нишон дода мешаванд ва марҳилаи якуми амсиласозиро ифода мекунанд. Дар забони UML диаграммаи UseCase, ки дар расми 3.1 нишон дода шудааст, барои муаррифии тамоми раванди кори низоми иттилоотӣ таҳия шудааст. Дар ин диаграмма, маҷмӯи ҳолатҳои истифода ва иштирокчиён барои муаррифии ҳолатҳои истифодабарӣ, яъне талаботи иҷроиш аз ҷониби низом истифода мешаванд. Иштирокчӣ одатан барои муаррифии корбари инсон истифода мешавад. Аммо аз дигар тараф низоми иттилоотӣ низ метавонад иштирокчӣ, муаррифӣ шавад. Иштирокчиён ба монанди “Корбар”, “Мутахассиси”, “Маъмур” ва низоми Tajik-AVCR дар диаграмма муайян карда шудаанд [15].

Корбар дар ҳолати “Бақайдгирӣ ва назорати корбарон” маълумоти пурра оид ба худ пешниҳод ва дар манбаи додаҳо сабт менамояд. Маълумоти ӯ аз тарафи Маъмур назорат карда мешавад. Яъне дурустии маълумоти воридшуда ва идораи фаъолияти Корбар аз тарафи Маъмур ба роҳ монда мешавад. Ворид кардани маълумоти овозӣ бо талаффуз кардани воҳидҳои матнӣ аз тарафи Корбар дар ҳолати “Кор бо сабти овоз” иҷро карда мешавад. Ҳолати “Кор бо сабти овоз” албатта аз ҳолати “Бақайдгирӣ ва назорати корбарон” вобастагии дарбаргиранда (include) дорад [116].



Расми 3.1 - Амсилаи рафтори низоми Tajik-AVCR

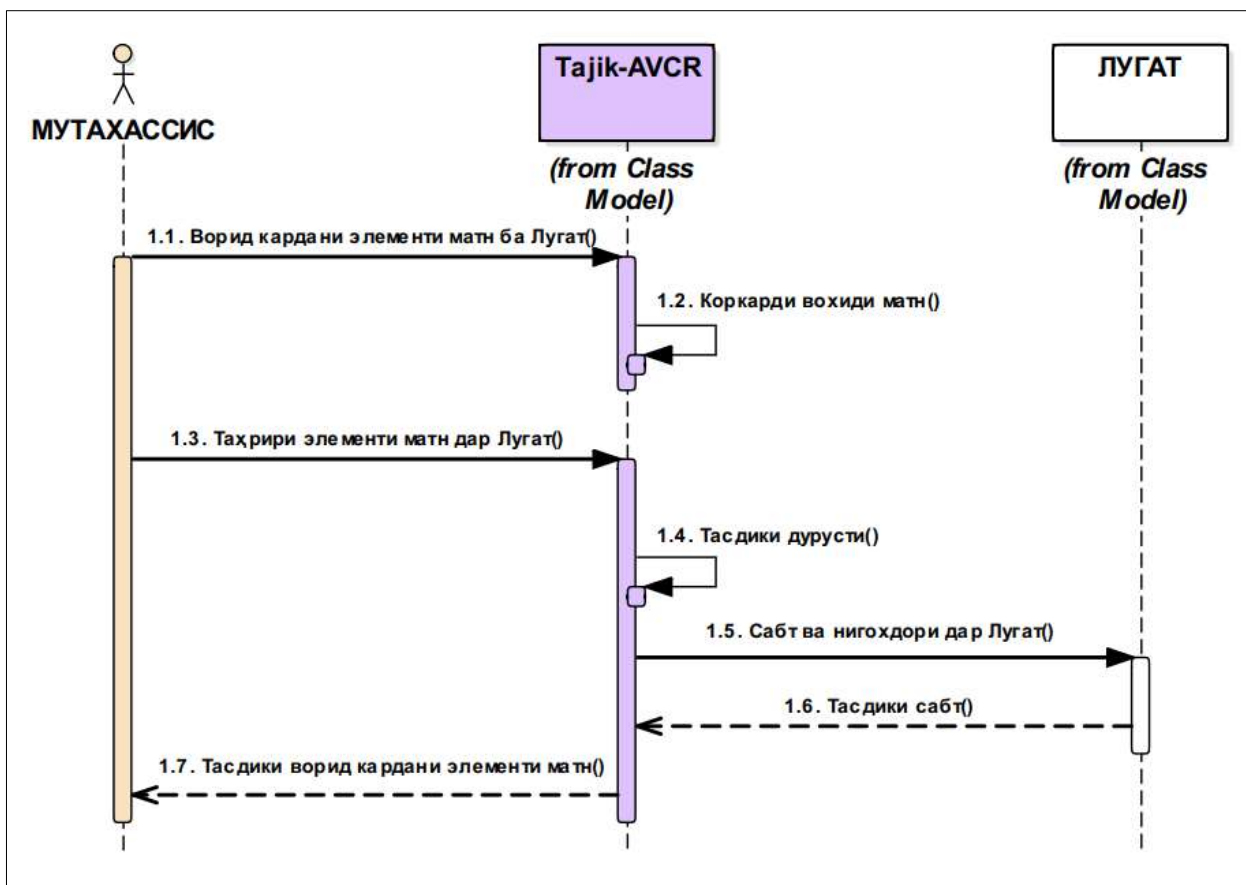
Мутахассис барои ташкили манбаи додаҳои воҳидҳои матнӣ дар ҳолати “Ташкили манбаи додаҳои луғат” амалҳои махсусро иҷро менамояд. Ҳолати “Кор бо сабти овоз” аз ҳолати “Ташкили манбаи додаҳои луғат” вобастагии васеъкунанда (extend) дорад. Зеро барои шинохтагии фармоишҳои овозӣ ба низоми иттилоотӣ маҷмӯи воҳидҳои матнӣ, ки фармоишҳоро мазмунан ифода менамоянд, ҳатман бояд сабт карда шаванд.

Аз тарафи низоми Tajik-AVCR ҳамчун иштирокчи ду ҳолат “Шинохти нутқ” ва “Таҳлили натиҷаи шинохти нутқ” истифода карда мешавад. Чи тавре, ки аз дар диаграмма оварда шудааст, ҳолати яқум “Шинохти нутқ” аз ҳолати “Кор бо сабти овоз” вобастагии дарбаргиранда дорад. Яъне барои ба роҳ мондани шинохтагирӣ албатта маълумоти овозӣ сабт ва ба низом пешниҳод карда мешавад. Ҳолати дуюм “Таҳлили натиҷаи шинохти нутқ” барои омода кардани маҷмӯи ҳисобот оид ба натиҷаи шинохтагирӣ аз тарафи низом коркард карда мешавад ва барои дастрас намудан ба Маъмури низоми иттилоотӣ пешниҳод карда мешавад [110].

Дар умум, низоми таҳияшудаи Tajik-AVCR ду омил дорад. Дар аввал, шахсони иштироккунанда нишон дода мешаванд, ки ҳамчун корбари он ба ҳисоб мераванд. Омили дуюм ин муайян кардани ҳамаи ҳолатҳои истифодабари дар раванди шинохтагии фармоиши овоз, ки аз як тараф

мониторинги амсилаи рафтори низоми иттилоотиро таъриф менамояд. Ин қадами асосӣ дар раванди амсиласозии компютери низомҳои иттилоотӣ ба ҳисоб меравад.

Амсилаи динамикӣ. Раванди амсиласозии динамикӣ барои таъкид кардани рафтори низоми иттилоотӣ истифода карда мешавад. Дар ин маврид, масъалаи муайян кардани раванди корӣ нақши муҳим мебозад. Нақшаи кор дар таҳлили ҳамкорӣ дар вақти воқеӣ бо иштироки объектҳои фаъол дар ҳолатҳои истифодабарӣ ва додугирифтӣ хабар байни онҳо тавсиф шудаанд. Илова бар ин, дар раванди амсиласозии динамикӣ объектҳои аз ҳамдигар вобаста дар ҳар як ҳолат муайян карда мешаванд [98].



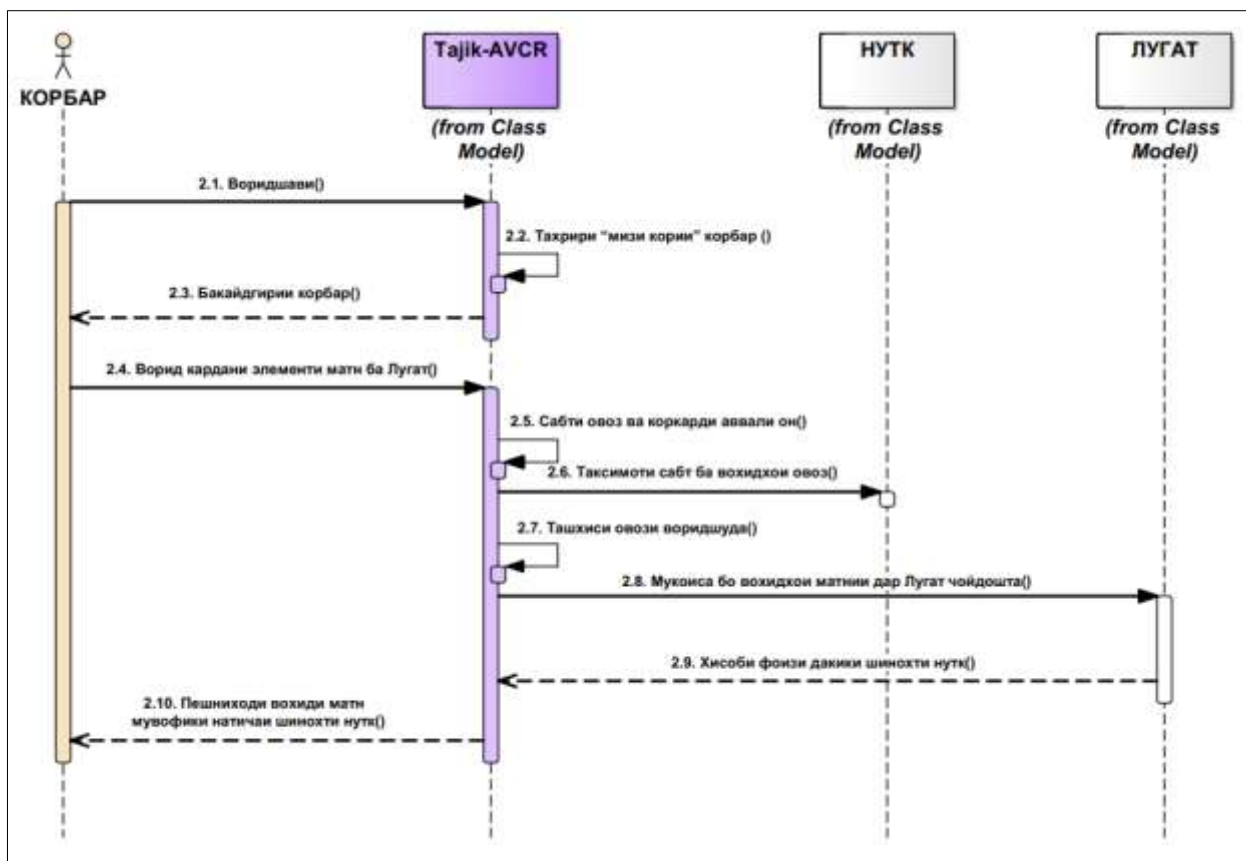
Расми 3.2 - Диаграммаи ҳамкорӣ байни Мутахассис ва низоми Tajik-AVCR

Дар расми 3.2 диаграммаи ҳамкорӣ байни Мутахассис ва низоми Tajik-AVCR зикр карда шудааст, ки ҳолати “Ташкили манбаи додаҳои луғат”-ро ифода менамояд. Дар ин маврид объекти Луғат вазифаҳои нигоҳдорӣ ва

тасдиқи воҳидҳои матнӣ, ки аз тарфи Мутахассис ворид мешаванд иҷро менамояд.

Дар диаграмма хабарҳои 1.1 то 1.3 барои таъмини иттилоотии манбаи додаҳои низоми Tajik-AVCR равона карда мешаванд. Хабарҳои 1.4 то 1.6 ҳамкориҳои низом бо Луғатро барои тасдиқ ва нигоҳдории воҳидҳои матнӣ тавсиф мекунанд. Хабарҳои 1.7 ҷамъбасти буда, ҷавоби тасдиқи ворид шудани элементҳои матнро ба низоми иттилоотӣ ба Мутахассис пешниҳод менамояд.

Дар расми 3.3 диаграммаи ҳамкорӣ байни Корбар ва низоми Tajik-AVCR нишон дода шудааст, ки барои мониторинги амалҳо дар мавриди ҳолатҳои “Бақайдгирӣ ва назорати корбарон” ва “Кор бо сабти овоз” истифода мешавад.

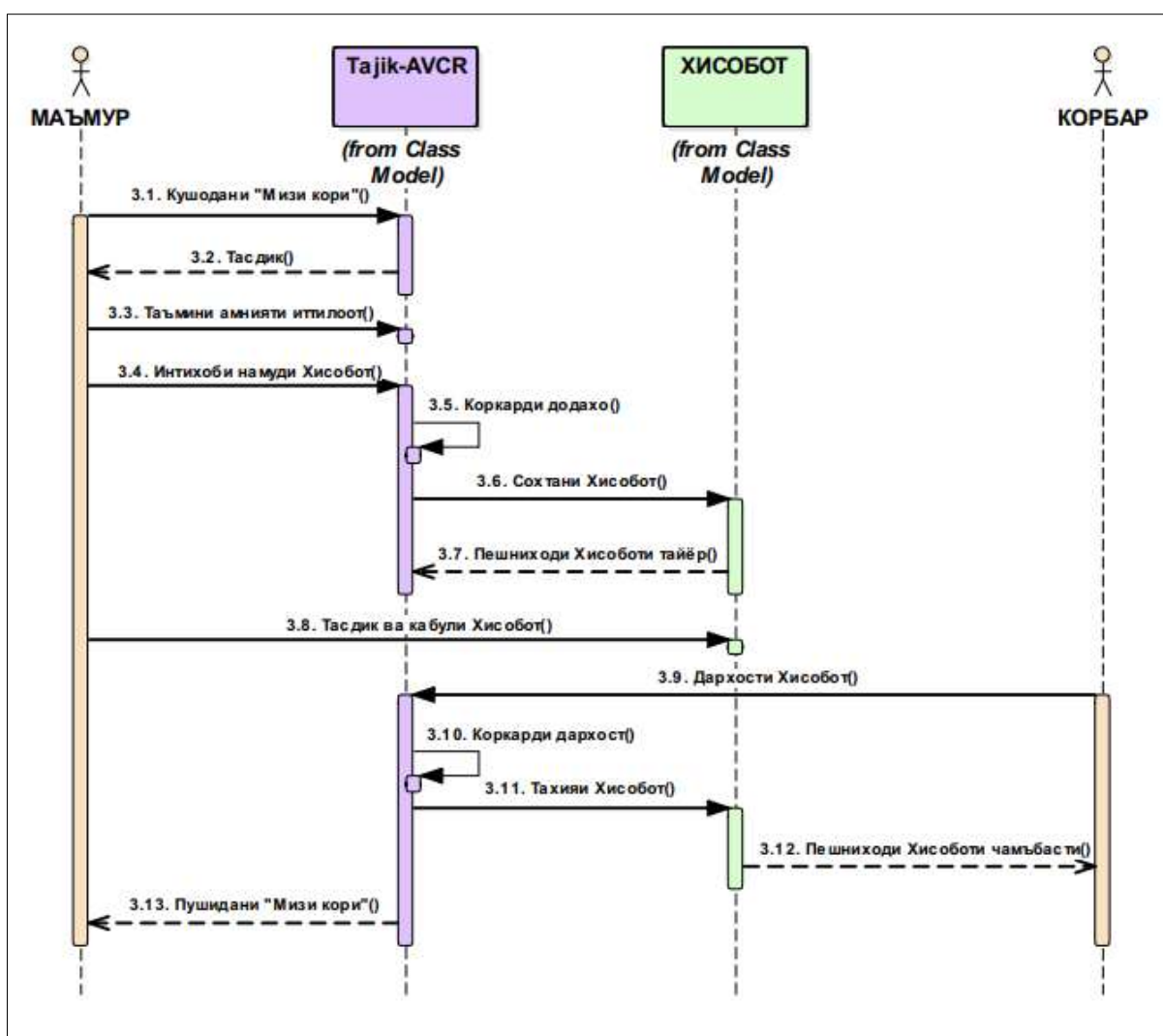


Расми 3.3 - Диаграммаи ҳамкорӣ байни Корбар ва низоми Tajik-AVCR

Дар ин диаграмма, ҳамкориҳои мутақобилаи корбар бо объектҳои “Нутқ” ва “Луғат” дар ҳолати сабти воҳиди матнӣ пешниҳод карда мешавад. Хабарҳои 2.1 то 2.3 масъалаи ба кор омода шудани корбарро ифода мекунанд. Хабарҳои

2.4 ва 2.10 амалҳои рост байни корбар ва низомро тавсиф медиҳанд. Дар ин маврид, хабарҳо аз 2.5 то 2.8 ба пуррагӣ масъалаи шинохтагирии фармонҳои овозиро таъмин менамоянд. Хабарҳои 2.9 ҷавобан оид ба натиҷаи ҳисоби фоизи шинохти нутқро ба низоми иттилоотӣ пешниҳод менамояд.

Дар расми 3.4 диаграммаи ҳамкорӣ байни Маъмур ва низоми Tajik-AVCR пешниҳод карда шудааст. Дар ин маврид объекти Ҳисобот, ки оид ба дақиқии шинохти нутқ маълумот медиҳад ба тариқи ҳамкориҳои дархостӣ ба Корбар хабар мерасонад.



Расми 3.4 - Диаграммаи ҳамкорӣ байни Маъмур ва низоми Tajik-AVCR

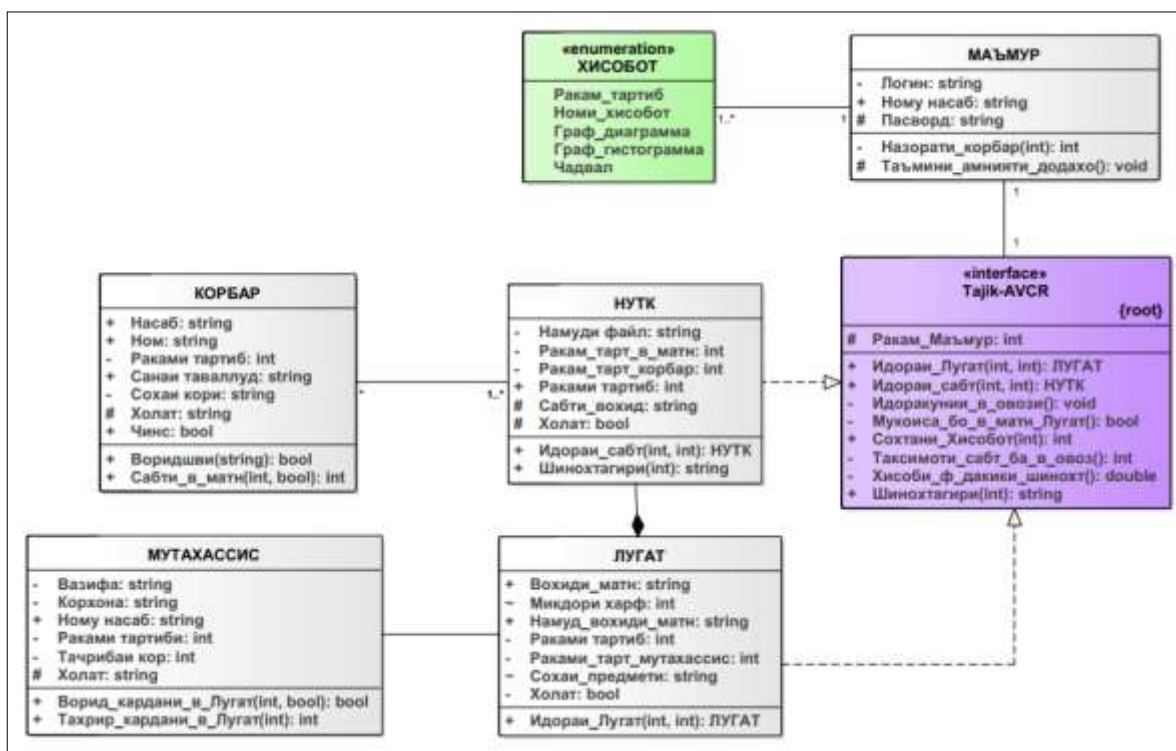
Хабарҳои 3.1 ва 3.2 барои ба кор омода шудани маъмур равона карда мешаванд. Танҳо хабарҳои 3.3. барои таъмини амнияти иттилооти дар низоми Tajik-AVCR нигоҳ дошта шаванда, ба монанди маълумот оид ба ҳар як корбар,

маълумоти мутахассисон ва воҳидҳои матнии ба Луғат сабт шуда ва ниҳоят раванди шинохти овоз равона карда мешавад. Дар ин маврид, аз усулҳои махсуси иловагии таъмини иттилоотӣ ва бехатарии онҳо дар низоми иттилоотӣ ҷой дода мешаванд [88].

Хабарҳо аз 3.4 то 3.11 бевосита барои ташкили ҳисоботи гуногун оид ба натиҷаи ҳисоби дақиқии шинохти нутқ раво карда мешаванд. Дар ин маврид, хабари 3.5 барои коркарди додаҳо бо мақсади таъмини ҳисобот самти рефлексиро ба низом равона месозад. Инчунин, хабари 3.10 низ ба тариқи худкор чи тавр дарҳости аз тарафи Корбар пешниҳод шуда аз тарафи низом коркард карда мешавад, ифода менамояд. Хабарҳои 3.12 хабари ҷавобӣ ба самти Корбар буда, пешниҳоди ҳисоботро ба тариқи ҷадвал ва ё графикӣ ифода менамояд. Дар ҷамъбасти ҳамкори хабари 3.13 бо мақсади пӯшидани “Мизи корӣ”-и Корбарро тавсиф менамояд.

Дар умум, амсиласозии динамикӣ воситаи кӯмакрасон барои гузаштан аз амсилаи рафтор ба амсилаи сохтори низоми иттилоотӣ ба ҳисоб меравад. Илова бар ин, маҷмӯи хабарҳои дар диаграммаи ҳамкорӣ инъикос шуда пайдарпаии иҷрошавии функсияҳоро дар вақти воқеӣ муайян менамоянд.

Амсиласозии сохтор. Ин раванди амсиласозӣ барои муносибати статикӣ қисмҳои таъминоти барномавии шинохти нутқро нишон медиҳад. Муайян кардани воҳидҳои барномавӣ ба монанди ҳосиятҳо ва атрибутҳо, функсияҳо, зербарномаҳо ва усулҳо, синфҳо, интерфейсҳо ва рӯйхати литералҳо барои низоми иттилооти коркард шаванда дар вақти воқеӣ муҳим мебошанд. Илова бар ин, барои фаҳмидани муносибати байни низом ва муҳити беруна амсилаи сохтор тавсия карда мешавад. Истифодаи мазмун ва мундариҷаи низом, ки сарҳади амалишавии онро таъмин мекунад дар амсилаи статикӣ истифода мешавад. Умуман, амсилаи сохтори низоми иттилоотӣ ин маҷмӯи синфҳо ва робитаи мантиқии байни ба ҳисоб меравад. Дар расми 3.5 диаграммаи синфи таҳияшуда нишон дода шудааст, ки аз панҷ синфи мафҳум, як интерфейс ва як рӯйхати литералҳо иборат мебошад [84].



Расми 3.5 - Диаграммаи синфҳои низоми Tajik-AVCR

Синфҳои субъективии КОРБАР, МУТАХАССИС ва МАЪМУР дар навбати худ аз атрибутҳо ва усулҳои махсус иборат мебошанд. Синфҳои НУТҚ ва ЛУҒАТ динамикӣ буда, вобаста аз ҳодисаҳои аз тарафи синфҳои субъект раван шуда, қимати атрибутҳояшон тағйир меёбанд.

Муносибати байни синфҳои КОРБАР ва НУТҚ ассотсиативӣ буда, дар мавриди иҷро шудани усули “Сабти_в_матн” дар синфи якум қимати атрибути “Сабти_воҳид” дар синфи дуюм муайян ва ё тағйир карда мешавад. Муносибати байни синфҳои МУТАХАССИС ва ЛУҒАТ низ ассотсиативӣ мебошад. Робитаи байни онҳо дар мавриди иҷро шудани усули “Ворид_кардани_в_Луғат” дар синфи якум ба қимати атрибути “Воҳиди_матн” қимат бахшида мешавад.

Муносибат байни синфҳои ЛУҒАТ ва НУТҚ “агрегат”-ро ифода менамояд. Яъне барои ба даст овардани шинохти нутқ ҳатман воҳидҳои матнӣ дар манбаи додаҳо луғат ворид ва сабт карда мешаванд ва дар асоси воҳидҳои матн шинохтагирии фармонҳои овозӣ ба роҳ монда мешаванд.

Чи тавре, ки аз диаграмма маълум аст, танҳо як синфи интерфейс бо номи Tajik-AVCR амалҳо асосии сохтори низомро фаъол менамояд. Усулҳои ин синф бо робита бо синфи мафҳуми ЛУҒАТ бо синфи МУТАХАССИС ва бо робита бо синфи НУТҚ бо синфи КОРБАР муносибати амалигардониро ба роҳ мемонанд. Дар навбати худ синфи МАЪМУР барои идораи бевоситаи низоми иттилоотӣ ва омода сохтани чадвалҳо ва графикҳо дар синфи литералҳои ҲИСОБОТ низ муносибати ассотсиативӣ дорад [76].

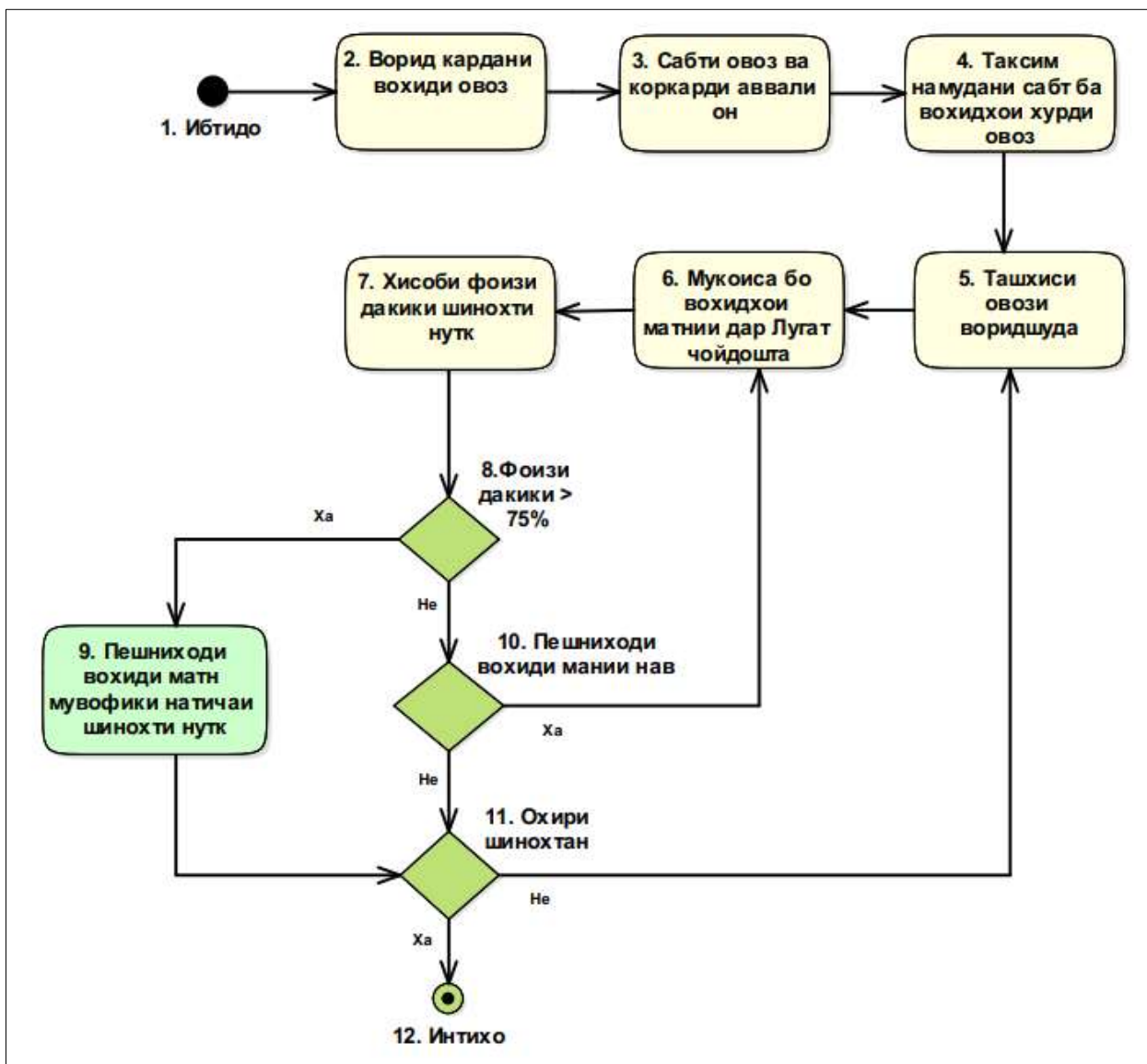
Ҳаминро бояд қайд кард, ки мундариҷаи амсилаи сохтор мазмуни статикӣ амсилаи рафтори низом ва амсилаи динамикии онро дар бар мегирад. Вобаста аз ин, тарзи иҷро шудани усулҳои ҳар як синф бо намуди хабарҳо дар диаграммаҳои ҳамкорӣ инъикос карда шудаанд. Аз ин сабаб, зарурияти дар алоҳидагӣ тавсиф кардани ҳар як атрибут ва усули синфҳо дар ин қисмати рисола ҷой надорад.

Дар умум, навсозиҳои графикӣ ва инъикоси робитаи байни қисмҳои барномавӣ тавассути ҳодисаҳои синфҳои субъектӣ ва усулҳои дар синфи интерфейс ҷойгир шуда, амсилаи сохтор, яъне роҳбалад барои барномасозро муайян месозад. Одатан дар раванди коркарди дилхоҳ низоми иттилоотӣ ин масъала бар дӯши муҳандисон ва барномарезон воғузор карда мешавад. Дар асоси амсилаи сохтор, ки дар диаграммаи синфҳо (расми 3.5) таҳия шудааст, маҷмӯи модулҳои барномавӣ барои шинохтагирии фармонҳои овозӣ коркард карда мешавад. Қадами дар боло тавсиф шуда, барои муайян кардани мантиқи умумии низоми иттилоотӣ иҷро карда мешавад [72-74].

Амсилаи фаъолият. Дар марҳилаи навбатӣ оид ба равандҳои иҷрошавии амалҳои асосии низоми Tajik-AVCR суҳан меравад. Барои инъикоси тартиби иҷрошавии равандҳои корӣ одатан диаграммаи фаъолият таҳия карда мешавад. Дар расми 6 диаграммаи фаъолият барои низоми Tajik-AVCR пешниҳод карда мешавад.

Мазмун ва мундариҷаи диаграммаи фаъолият ба алгоритми иҷрошавии таъминоти барномавӣ ба намуди блок-схема шабоҳат дорад. Аммо дар забони

UML бо мақсади муайян кардани тартиби иҷрои амалиёт дар доираи тамоми низоми иттилоотӣ диаграммаи ягонаи фаъолият коркард карда мешавад.



Расми 3.6 - Амсилаи фаъолияти низоми Tajik-AVCR

Чӣ тавре, ки аз диаграмма муайян мешавад, тартиби иҷроӣ аз шаш амалиёти асосӣ оғоз мегардад. Инчунин тартиби иҷроӣ се амалиёти шартӣ барои ба даст овардани амалиёти асосии ҳафтум, яъне пешниҳоди натиҷаи шинохтагирӣ фармони овозӣ самтҳои иҷроӣ амалиётҳои низомро ташкил медиҳанд.

Мундариҷаи диаграммаи фаъолиятро чунин шарҳ додан мумкин аст, ки вобаста аз иҷрошавии алгоритми пешниҳод карда шуда, маҷмӯи модулҳои барномаҳои компютерӣ коркард кардан имконпазир аст.

1. Ибтидо.
2. Ворид кардани воҳиди овоз.
3. Сабти овоз ва коркарди аввалаи он.
4. Тақсим намудани сабт ба воҳидҳои хурди овоз.
5. Ташҳиси овози воридшуда.
6. Муқоиса бо воҳидҳои матнии дар Луғат ҷойдошта.
7. Ҳисоби фоизи дақиқии шинохти нутқ.
8. Шартӣ якум: агар фоизи дақиқӣ аз 75% калон бошад, он гоҳ амали 9, вагарна гузариш ба шартӣ дуум.
9. Пешниҳоди воҳиди матн мувофиқи натиҷаи шинохти нутқ ва гузариш ба шартӣ сеюм.
10. Шартӣ дуум: агар воҳиди матнии нав ва ё дигар имконпазир бошад, он гоҳ амали 6, вагарна гузариш ба шартӣ сеюм.
11. Шартӣ сеюм: агар шинохти нутқ бо ба охир расида бошад, он гоҳ амали 12, вагарна гузариш ба амали 5.
12. Интиҳо [69-70].

Дар ин қисми рисола оид ба истифодаи усули меъморӣ “қабат ба қабат”, яъне тарҳрезии масъалаи шинохтагирии фармонҳои овозӣ бо имконияти забони амсиласозии компютерӣ UML суҳан карда мешавад. Қабати якум ин рафтори низом, бо пешниҳоди диаграммаи ҳолатҳои истифодабарӣ ба ҳисоб меравад. Қабати дуум, амсилаи динамикии низом бо тарҳрезии диаграммаи ҳамкориҳои байни субъектҳо ва объектҳои низом. Қабати сеюм бошад, масъалаи тарҳрезии амсилаи сохтори низоми иттилоотӣ бо коркарди диаграммаи синфҳо, яъне маҷмӯи синфҳо, интерфейсиҳо рӯйхати додаҳои литералӣ ва муносибати байни онҳоро дар бар мегирад. Қабати чорум

ва ниҳой ин тарҳрезии амсилаи воқеии низоми иттилоотӣ мебошад, ки аз маҷмӯи компонентҳо ва ҷойгиршавии воқеии онҳо иборат аст. Дар қисмати навбатии рисола оид ба амсилаи воқеии низоми коркардшудаи Tajik-AVCR барои шинохтагирии фармони овозӣ сухан мухтасар хоҳад рафт [69].

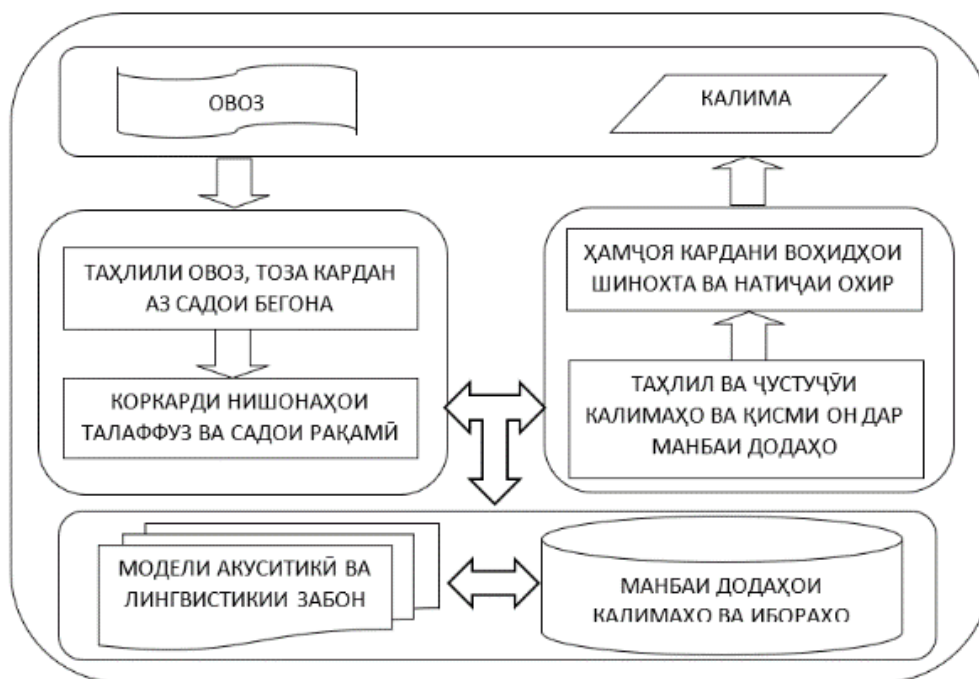
3.3. Истифодаи амалии низоми шинохтагирии фармонҳои овоз

Дар соҳаи коркарди худкори нутқ таҳлили хосиятҳои воҳидҳои нутқ аҳамияти ҷиддӣ дорад. Дастовардҳои муосир ба амсиласозии омории хосиятҳои акустикӣ ва фонетикии нутқ мансуб меёбад. Дар ин раванд омӯзиши низоми шинохти нутқ ҳаҷми бузурги додаҳои овозиро дар бар мегирад. То имрӯз дар соҳаи технологияи овозӣ натиҷаҳои кушод ва равшан ба даст омадаанд, ки дар таркиби онҳо воситаҳои иловагии кӯмакрасон пешниҳод карда шудаанд. Дар раванди таҳқиқоти илмӣ мазкур низоми ягонаи шинохти нутқи тоҷикӣ, яъне Tajik-AVCR таҳия карда шуд. Tajik-AVCR имконияти шинохтагирии фармонҳои овозӣ дар нутқи сарбаст бо забони тоҷикиро фароҳам меоварад. Дар ин қисми рисола оид ба имкониятҳои функционалӣ, сохтори мантиқӣ ва талабот ба воситаи техникии низом сухан меравад [31].

Низоми Tajik-AVCR якчанд воситаҳоро муттаҳид мекунад. Дар қисми аввали низом пеш аз ҳама қобилияти функционалии гуногунҷабҳавӣ таъмин карда мешаванд. Истифодаи низом дар воситаҳои гуногуни технологияи иттилоотӣ дар фазои мултимедиа, қабули худкори додаҳои аудио ва алалхусус нутқи корбарон бо истифодаи баландгӯяк имконпазир мебошад. Қисми дуюми низом имконият медиҳад, ки бо дақиқии нисбатан баланд нутқи воридшуда муайян ва мувофиқи луғати омода шуда ба матн мубаддал гардад.

Сохтори мантиқии низоми шинохти овоз. Диаграммаи кори низоми Tajik-AVCR дар расми 3.7 нишон дода шудааст. Дар даромади барнома фармони овозӣ қабул карда мешавад, ки шумо мехоҳед ҷустуҷӯ кунед. Дар аввал, коркарди алоҳидаи ин маълумот ба анҷом дода мешавад. Сипас

масъалаи коркарди хосиятҳои нутқи талаффузшуда дар намуди садои рақамӣ ба роҳ монда мешавад. Дар мавриди коркарди нутқ амсилаи акустикӣ ва лингвистикӣ, ки дар асоси амсилаи забони тоҷикӣ омода шудаанд, ғайр қарда мешаванд.



Расми 3.7 - Сохтори мантиқии низоми шинохти овоз – Tajik-AVCR

Натиҷаи коркард дар амсилаҳои акустикӣ ва лингвистикӣ бо ҳамбастаи манбаи додаҳои калимаҳо ва ё ибораҳо ба самти таҳлил қарда мешаванд. Нутқи садододашуда ба қисмҳо бурида мешавад. Натиҷа дар манбаи додаҳо таҳлил, ҷустуҷӯ қарда мешавад. Дар охир, натиҷаҳои шинохт калимаҳои калидии дар луғат сабтшуда, барои ба шаклдарории калимаҳо, яъне ҳамҷоя кардани воҳидҳои шинохта, раво қарда мешавад [67].

Раванди кори низоми шинохтагирии нутқ. Ҷараёни кор аз алгоритми истифодашуда ва усулҳои дар боло зикршуда вобаста аст.

Қисми 1. Сигнали овозии пешниҳодшуда аввал бояд аз ҳалалҳои садоӣ тоза қарда шавад. Роҳҳои гуногуни тоза кардани сигналҳо мавҷуданд. Усулҳои марбут ба истихроҷи хусусиятҳои, ки нисбат ба садо устуворанд, ба амал дароварда мешаванд. Дар ин маврид, алгоритмҳои марбут ба коркарди

сигналҳои рақамӣ, ки ба нишондиҳандаҳои пешгӯии хаттӣ асос ёфтаанд, истифода карда мешаванд.

Қисми 2. Коркарди пешакии сигнали воридшуда, ки дар он сатҳи сигнал баробар карда мешавад. Дар ин маврид, имконияти кам кардани хатогиҳои шинохти нутқ талаб карда мешавад. Дар мавриди аввал корбар метавонад калимаҳоро дар сатҳҳои гуногуни баландӣ талаффуз кунад.

Қисми 3. Ташаккули амсилаи акустикӣ ва лингвистикӣ низом. Амсилаи акустикӣ барои табдил додани сигнали нутқ ба маҷмӯи хусусиятҳое, ки додаҳои рақамиро дар бораи мундариҷаи сигнали нутқ ифода мекунад, масъул аст. Ин низом таҳлили мураккаби нутқро тавассути муқоисаи сегментҳо дар маълумоти рақамӣ дар хотира анҷом медиҳад. Амсилаи лингвистикӣ додаҳои аз амсилаи акустикӣ гирифташударо таҳлил мекунад ва натиҷаи шинохтро пешниҳод мекунад. Дар асоси ҳисобҳои эҳтимолӣ, низоми шинохт муайян мекунад, ки корбар кадом калимаҳоро истифода кардааст. Ҳангоми истифодаи шабакаҳои нейронӣ, низом фонемаҳоро аз ҷараёни нутқ ҷудо мекунад ва онҳоро ба ҳарф, ҳичо ё калимаи мувофиқ муқоиса мекунад. Дар қадами охирон, пайдарпаии калимаҳои ба луғати низоми иттилоотӣ маълум ташкил ва пешниҳод карда мешаванд.

Дар асоси сохтори мантиқии таҳия шуда, модулҳои барномавии Tajik-AVCR – низоми шинохти фармонҳои овозӣ коркард карда шуданд. Низоми шинохт аз модулҳои таҳлил, ҷустуҷӯ, амсилаҳои акустикӣ ва лингвистикӣ забони тоҷикӣ, манбаи додаҳои фармонҳои овозӣ, интерфейси корбар иборат мебошад.

Барои кори озоди низоми Tajik-AVCR аз компютери корбар хусусиятҳои техникӣ зерин талаб карда мешаванд: хотираи ғаврӣ на кам аз 1024 кБ, хотираи доимӣ бошад на кам аз 84 мБ, зуддии кори протсессор аз 1500 гГц ва системаи оператсионӣ оилаи Windows.

Барои ба амал даровардани низоми Tajik-AVCR шабакаи компютери омехта иборат аз сервери низоми иттилоотӣ, сервери манбаи додаҳо, алоқаи

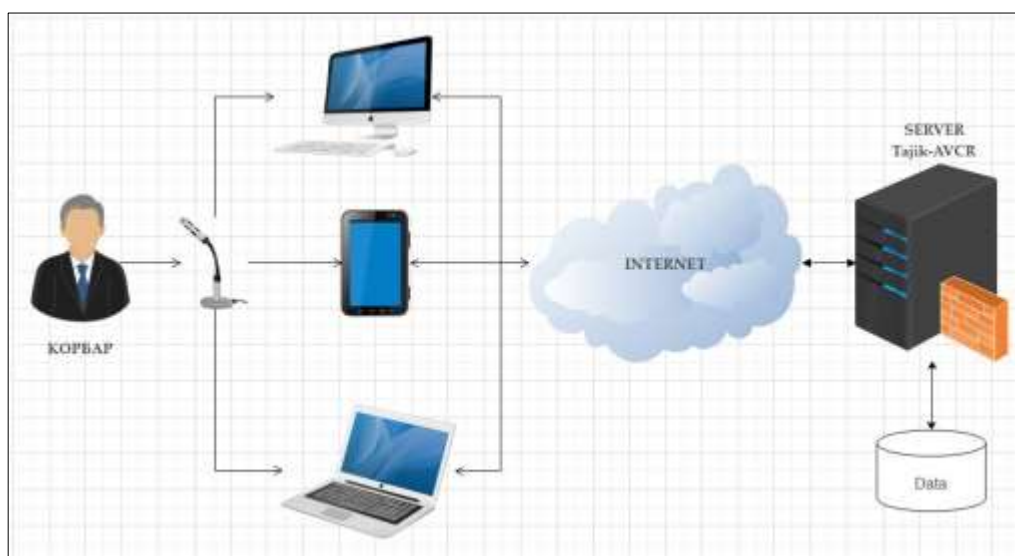
хати интернет ва интерфейси корбар ба нақша гирифта мешавад. Дар расми 3.8 сохтори воқеии низоми Tajik-AVCR оварда шудааст.

Роҳҳои ворид кардани маълумот ба низоми Tajik-AVCR инҳоянд:

- овози корбар бо истифодаи баландгӯяки ба компютер насб шуда, ки дар чараёни вақти воқеӣ садо дода мешавад. Дар ин маврид баландгӯяк бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошад: фишори садо аз 80 то 100 дБ, таносуби сигнали бегона ба садои аслий аз 60 то 65 дБ ва дарозии ноқил на зиёда аз 2 м;

- додаҳои аудиоӣ ба забони тоҷикӣ бо намуди файлҳои wav, .mp3 сабт карда шуда, ки бо худ дорои маълумоти мантикӣ ва дуруст мебошанд.

Албатта дар мавриди талаффузи матн, корбар бояд маълумотро саҳеҳ, фаҳмо ва бе истифодаи эҳсосоти зиёд ворид намояд [58].



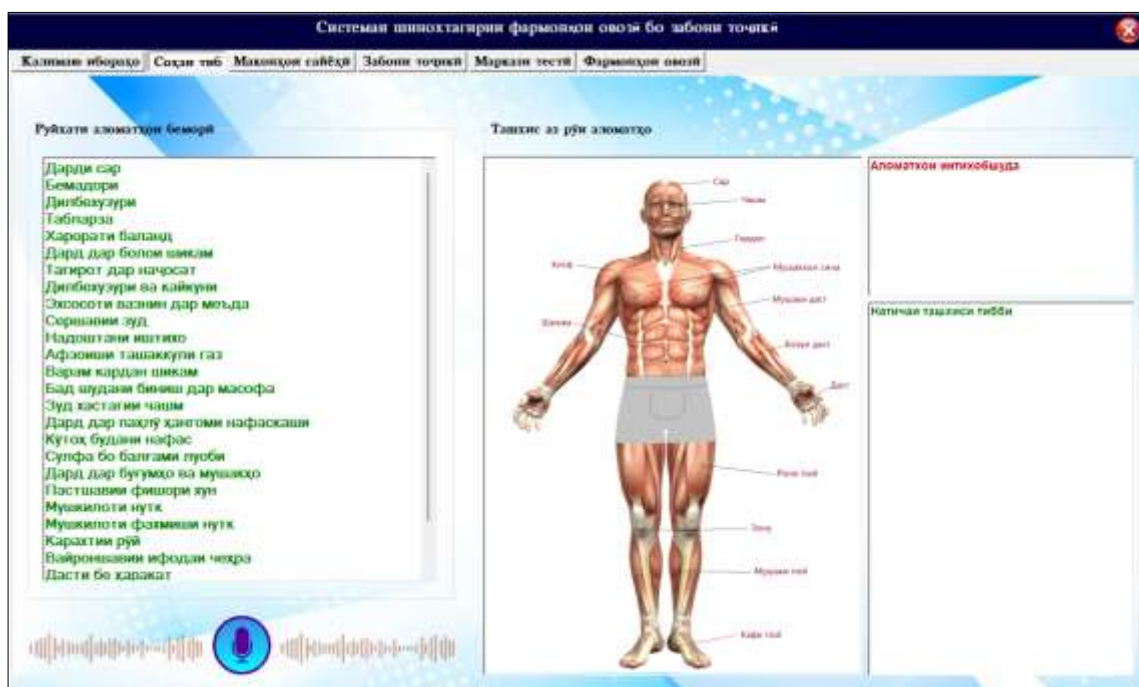
Расми 3.8 - Сохтори воқеии низоми шинохти овоз – Tajik-AVCR

Маълумоти содиротии низоми Tajik-AVCR дар файлҳои намудҳои зерин пешниҳод карда мешаванд:

- матни шинохташуда дар оинаи махсуси дар рӯйи мизи кории корбар;
- файли намуди txt ё docx бо пешниҳоди фоизи дақиқии шинохтагирӣ барои ҳар як калима, дар ин маврид намуди файл аз тарафи худӣ корбар интихоб карда мешавад.

Пас аз коркарди нутқи воридшуда таъминоти барномавӣ матни шинохта ва ҷустуҷӯ шударо дар қисми махсуси оинаи матнӣ намоиш медиҳад. Барои ғайр аз кардани имконияти пурраи низоми шинохт таъминоти барнома ба танзим оварда мешавад. Мавҷудияти модулиҳои иловагии барномавӣ дар компютери корбар яке аз шартҳои самараноки он ба ҳисоб меравад. Барнома бо истифода аз файли корӣ оғоз карда мешавад Tajik-AVCR.exe. Пас аз оғоз, интерфейси корбар дастрас хоҳад мешавад.

Интерфейси корбар барои ҳамкориҳои интерактивии корбар бо таъминоти барномавӣ дар асоси барномарезии ба объект нигаронидашуда, таҳия шудааст. Дар ин мақола, интерфейси корбар дар шакли соддакардашуда пешниҳод карда шудааст, ки ҳангоми амалисозии таъминоти барномавӣ якҷанд тағйиротҳоро талаб мекунад (ниг. ба расми 3.9).

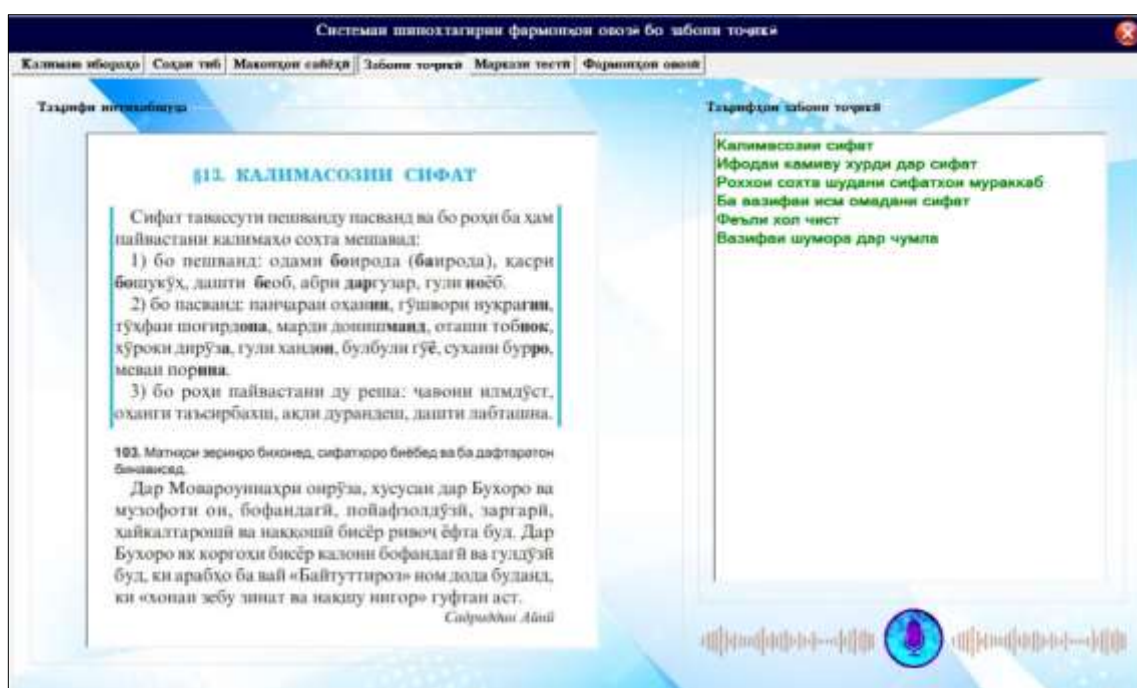


Расми 3.9 - Интерфейси корбари Tajik-AVCR дар соҳаи тиб

Барои ба қор даровардани барнома, дар аввал баландгӯяк омода карда мешавад. Сипас аз рӯйи тартиби зерин шинохт ба амал дароварда мешавад: тугмаи "*Шинохти фармонҳои овозӣ*" пахш карда мешавад; маълумоти зарурӣ дар майдони матнии "*Рӯйхати калимаҳо барои ҷустуҷӯ*" ворид карда мешавад;

тугмаи "Оғози коркард" интихоб карда мешавад; матни ошкоршуда дар қисми "Матни фармонҳои овозӣ" дар қисмати калима ва ё ибораҳои ёфтшуда, пешниҳод карда мешаванд. [60]

Раванди иҷрои таъминоти барномавӣ дар хати иттилоотӣ дар зери тугмаҳои идоракунии нишон дода мешавад. Имкониятҳои амалии низоми шинохт дар соҳаҳои тиб, сайёҳӣ, омӯзиши забони тоҷикӣ, ташкили имтиҳонот дар маркази тестӣ татбиқи худро ёфтанд. Дар расми 3.10 интерфейси корбар барои шинохти нутқ дар мавриди омӯзиши забони тоҷикӣ оварда шудааст.



Расми 3.10 - Интерфейси корбари Tajik-AVCR барои омӯзиши забони тоҷикӣ

Бо дарназардошти таҳлили ояндаи фоизи дақиқии шинохтагирии нутқ дар низоми Tajik-AVCR ҳамаи натиҷаҳо дар алоҳидагӣ дар манбаи додаҳо нигоҳ дошта мешаванд.

Эҳтимолияти шинохтагирӣ дар мавриди худ ба намуди графӣ махсус низ тасвир карда мешаванд. Натиҷаҳои санҷиши дақиқии шинохтагирии нутқ дар зербоби навбатӣ бо пешниҳоди маълумоти ҳисобӣ ва омӯри пешниҳод мешаванд.

3.4. Баҳодиҳии самаранокии низоми шинохтагирии нутқ

Санҷиши кори низоми шинохтагирии нутқ. Дар мавриди аввал, масъалаи истифодаи баландгӯякҳои гуногун дар шароити гуногун сабт шудаанд, санҷида шуд. Барои санҷидани самаранокии кори таъминоти барномавӣ сӣ нафар корбарон дар ҷойҳои гуногуни пурғавго ва ором ҷалб карда шуданд. Дар расми 3.11 графיקи фоизи шинохти нутқи 30 нафар корбар барои 100 фармонҳои овозӣ оварда мешавад.

Ҳаминро қайд кардан зарур аст, ки байни 30 нафар корбарон фоизи миёнаи шинохти нутқ 76,48% ташкил медиҳад. Фосилаи фоизи шинохти нутқ аз 64,33 то 85,47 фоизро ташкил медиҳад. Натиҷаи ба даст оварда, албатта дар шароити имрӯзи коркарди низомҳои худкори шинохти нутқ ва бозори таъминоти барномавӣ ба талабот ҷавобгӯ мебошад [53].



Расми 3.11. - Фоизи шинохти нутқ дар низоми Tajik-AVCR

Илова бар ин, корбарон аз рӯйи ҷинс ба ду гурӯҳ мардҳо ва занҳо ҷудо карда шуданд. Инчунин барои таҳлили мушаххас корбарон аз рӯйи сини сол ба се гурӯҳ тақсим карда шуданд: аз 14 то 24 сола, аз 25 то 44 сола ва аз 45 то 60 сола.

Ҷадвали 3.1. - Дақиқии шинохти нутқ вобаста аз ҷинс ва синну соли корбарон

	14-24	25-44	45-60	
Мард	74,51	75,26	76,92	75,56
Зан	76,53	81,47	75,77	77,92

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Аз тарафи корбарон рӯйхати муайяни калима ва ибораҳои дар луғати низоми шинохт нигоҳ дошта шуда, талаффуз карда шуданд. Бояд қайд кард, ки пайдарпаии талаффуз ба инобат гирифта намешавад ва танҳои фоизи шинохти нутқ ба назар гирифта мешавад. Дар расми 6 фоизи шинохти нутқ вобаста аз ҷинс ва синну соли корбарон, ба намуди гистограмма оварда шудааст [47].

Натиҷаҳои мавҷударо таҳлил намуда, ба хулосае омадан мумкин аст, ки ҳангоми таҳлили шинохти нутқ ва пешниҳоди матн, фарқи миёнаи дурусти шинохт байни мард ва зан 2,36 фоизро ташкил медиҳад. Дар ҳоле, ки таҳлил бо истифода аз гурӯҳбандӣ ба синну сол нишон медиҳад, ки матнҳои аз якдигар гуногун талаффуз шуда, ба дақиқии шинохти миёнаи 76,74% баробар аст.



Расми 3.12. - Фоизи шинохти нутқ дар низоми Tajik-AVCR вобаста аз ҷинс ва синну сол

Дар ин маврид, қимати миёнаи дақиқии шинохти нутқ байни занҳои синну солашон аз 25 то 44 солаи зиёдтар ба назар мерасад. Аммо дақиқии шинохти

нутқ байни мардҳои сини солашон аз 14 то 24 сола нисбатан фоизи камро соҳиб гашт. Ин муаммо ба раванди шинохти нутқ вобаста буда, усули талаффузи табиӣ қорбаронро ифода менамояд.

Ҳаминро бояд қайд кард, ки барои амалҳои ҳисобӣ барои ташҳиси дақиқии шинохтагирии нутқ луғати воҳидҳои матнӣ вобаста аз се соҳа ташкил карда шуд. Воҳидҳои матнӣ ба монанди калимаҳо ва ибораҳо аз соҳаҳои тиб, таълим ва сайёҳӣ ҷамъоварӣ карда шуданд. Миқдори воҳидҳои матнӣ барои ҳар як соҳа тақрибан баробар мебошанд. Барои соҳаи тиб 51, соҳаи таълим 80 ва барои соҳаи сайёҳӣ 30 миқдор воҳидҳои матнӣ дар манбаи додаҳои низомии Tajik-ACVR нигоҳ дошта мешавад [25-26].

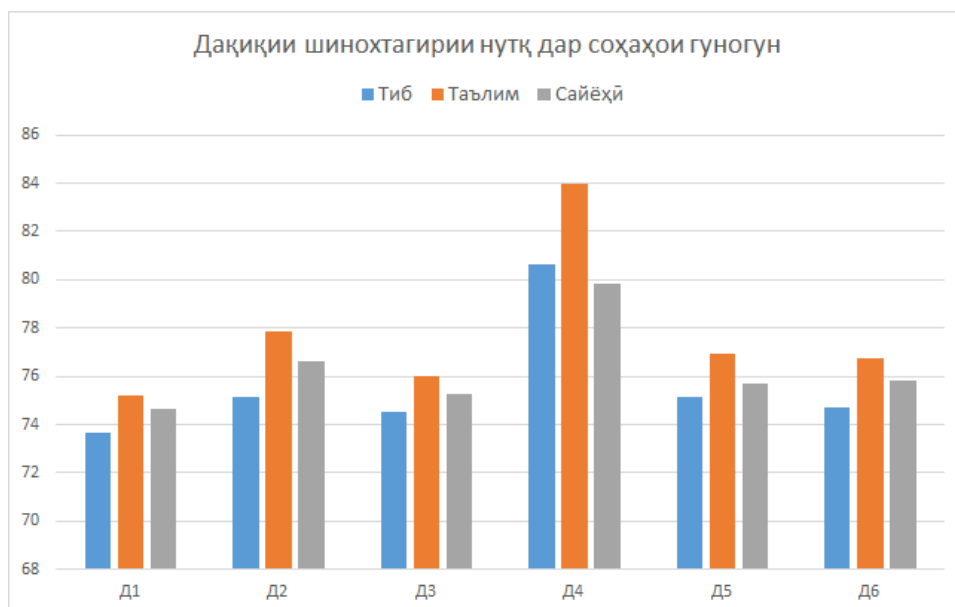
Дар раванди истифодаи амалии низом қорбарон рӯйхати муайяни калима ва ибораҳои соҳаҳои гуногунро талаффуз карданд. Натиҷаи фоизи дақиқии шинохтагирии воҳидҳои матнӣ вобаста аз соҳаҳои гуногун дар ҷадвали 3.2 оварда шудааст. Дар сатри якуми ҷадвал қорбарон аз рӯйи ҷинс ва синну сол гурӯҳбандӣ карда шудаанд. Дар сутуни якуми ҷадвал номгуӣ соҳаҳо оварда шудаанд. Буриши сатр ва сутун фоизи дақиқии шинохтагирии воҳидҳои матнӣ талаффуз шуда пешниҳод карда мешаванд.

Ҷадвали 3.2.- Дақиқии шинохти нутқ вобаста аз ворид кардани воҳидҳои матн аз соҳаҳои гуногун

	Д1, Мард, 14- 24 сола	Д2, Зан, 14-24 сола	Д3, Мард, 25- 44 сола	Д4, Зан, 25-44 сола	Д5, Мард, 45- 60 сола	Д6, Зан, 45-60
Соҳаи тиб	73,66	75,12	74,51	80,61	75,13	74,72
Соҳаи таълим	75,22	77,83	75,98	83,98	76,95	76,76
Соҳаи сайёҳӣ	74,64	76,64	75,28	79,82	75,69	75,83
Ба ҳисоби миёна	74,51	76,53	75,26	81,47	75,92	75,77

Сарчашма: Таҳия ва ҳисоби муаллиф.

Дар расми 3.13 таносуби фоизҳои шинохтагирии воҳидҳои матнӣ барои соҳаҳои тиб, таълим ва сайёҳӣ вобаста аз ҷинс ва синну соли корбарон, ба намуди гистограмма оварда шудааст.



Расми 3.13 - Фоизи шинохти нутқ дар низоми Tajik-AVCR барои соҳаҳои гуногун

Натиҷаҳои ҳосилшуда ҳаминро муайян сохтанд, ки воҳидҳои матнии аз соҳаи таълим талаффуз карда нисбатан дақиқ шинохта мешаванд. Фарқияти дақиқии шинохт барои гурӯҳи корбарон аз 2 то 3 фоизро ташкил медиҳад. Дар ин маврид, қимати миёнаи дақиқии шинохтагирии нутқ барои воҳидҳои матнии соҳаи тиб нисбатан кам ба назар мерасад. Эҳтимол ин муаммо ба ҳолатҳои зиёди ҳамроҳ шудани воҳидҳои матнии аз забонҳои хориҷӣ ба соҳаи тибро асос мекунад [28].

Аз рӯйи натиҷаҳои таҳқиқот, метавон ба хулосае омад, ки барои ошкор кардани фармонҳои овозӣ дар талаффузи давомдор усули истифодаи алгоритмҳои шабаки нейронӣ эҳтимолияти қобили қабул ва самарабахш ба ҳисоб меравад. Инчунин маълум гашт, ки эҳтимолияти дуруст ҷустуҷӯ кардани фармони овозӣ дар матн талаффуз шуда, танҳо ба сифати шинохтан ва дар матн мавҷудияти кофӣ маълумоти ба соҳаи муайян вобаста аст. Дар

умум натиҷа нишон медиҳад, ки низоми шинохти коркардшуда, самаранок буда, вазифаҳои гузошташударо мувофиқи талаботи имрӯза иҷро мекунад.

Ҳамин тавр, мувофиқи тавсифи натиҷаҳои санҷишҳои ҳисобӣ ва омории дар боло зикршуда низоми Tajik-ACVR метавонад ҳамчун воситаи худкори шинохтагирии фармоишҳо ба компютер равоишуда истифода карда шавад.

Низоми Tajik-ACVR дар мавридҳои мубрами хизматрасониҳои телекоммуникатсия ва автоматикунории равандҳои корӣ дар амал қарор додан имконпазир мебошад:

Ташикли хизматрасони оператори хатти алоқа. Низоми шинохтагирии нутқ имкон медиҳад, ки функцияҳои “ёрирасон”-и оператор дар мавриди қабули зангҳои хати алоқа аз қабилҳои ҷамъоварӣ, биллинги шахсони сеюм, зангҳои шахсӣ, зангҳои бо ёрии оператор ва зангҳои корти зангӣ дар амал даровардан мумкин аст. Илова бар ин, дар мавриди сабти гуфтугӯи мизочон эҳтимолияти шинохтагирии калимаҳои мушаххас низоми Tajik-ACVR самарани худро дода метавонад.

Воситаи рақамзании овозӣ. Низоми Tajik-ACVR имконият медиҳад, то ки муштариён бидуни паҳш кардани тугмаҳои телефон ба мизочи дигар занг зананд ва ба алоқа ҷорӣ шаванд [29].

Хизматрасонии бонкии овозӣ. Масъалаи баланд бардоштани сифати кори низомҳои бонкӣ ба монанди воситаи дастрасӣ ба суратҳисобҳои муштариён, бақияи суратҳисобҳо, муомилоти муштарӣ ва ғайра бо пешниҳоди истифодаи амалии низоми Tajik-ACVR самарани худро хоҳад ёфт.

Хизматҳои иттилоотӣ. Низоми коркардшуда, инчунин ба муштариён низомҳои иттилоотии гуногун имкон медиҳад, ки ба хатҳои иттилоотӣ дастрасӣ пайдо кунанд. Масалан, дастрасӣ оид ба рӯйдодҳои бозихи варзишӣ, рӯзномаи ҳаракатҳои нақлиёт, маълумоти обу ҳаво, фармоиши чипта ва ғайра.

Муолиҷаи муштариён. Ҳадафи дигари истифодаи низоми Tajik-ACVR дар соҳаи тиб низ дар оянда дар рафти нигоҳубин ва муолиҷаи беморон ба тариқи муколама масъалаи мубрам мебошад. Он барои корманди тиб барои

муайян кардани бемории корбарони низом дар асоси нишонаҳои ва аломатҳои беморӣ ба осонӣ кӯмак расонад.

Диктанти овозӣ. Ҳарчанд дар раванди таълим шумораи зиёди барномаҳои компютерӣ ба истифода дода шуда бошанд ҳам, то ҳол дар онҳо истифодаи имконияти шинохтагирии нутқ камтар ба назар мерасад. Низоми коркардшудаи Tajik-ACVR дар ояндаи наздик дар мизи кори корбарон барои ташкил ва пешбарии диктанти овозии ҳуччатҳоро дастгирӣ хоҳад кард.

Хулосаи боби сеюм

Дар доираи кори таҳқиқотӣ низоми шинохти нутқ барои фармонҳои овозӣ ба забони тоҷикӣ таҳия карда шуд. Дар раванди истифодаи низом, корбар метавонад дар байни талаффузи калимаҳо таваққуфи иловагӣ накунад, зеро низом бо нутқи пайваста кор мекунад. Модулҳо барномавии асосии низом дар асоси алгоритмҳои шабакаи нейронӣ мувофиқи концепсияи хотираи кӯтоҳи дарозмуддат таҳия шудаанд.

Марҳилаи амалии диссертатсия ин масъалаи амсиласозии компютерӣ ва пешниҳоди лоиҳаи таъминоти барномавӣ тавассути истифодаи CASE-воситаҳо мебошад. Дар ин самт талаботи низоми иттилоотӣ, сохтори мантиқӣ, ташхиси объектҳо, муносибати мантиқии байни онҳо, равандҳои корӣ ва амсилаи воқеӣ бо истифода аз воситаҳои махсус муайян ва тасвир карда шуданд. Марҳилаи амсиласозӣ аз муайян кардани маҷмӯи диаграммаҳо бо истифодаи забони UML барои таҳлили талабот, рафтор, сохтор ва ҳолатҳои воқеӣ пешниҳод карда шуданд.

Ҳамин тавр, мувофиқи тавсифи натиҷаҳои санҷишҳои ҳисобӣ ва омории дар боло зикршуда низоми Tajik-ACVR метавонад ҳамчун воситаи худкори шинохтагирии фармоишҳо ба компютер раваншуда, дар хадамотҳои зерин дар амал қарор додан имконпазир мебошад: ташкили хизматрасони оператори хатти алоқа; воситаи рақамзании овозӣ; хизматрасонии бонкии овозӣ; хизматҳои иттилоотӣ; муолиҷаи муштариён; диктанти овозӣ.

1. Барои оғоз, ташкили сохтори низом бояд таъсис дода шавад. Дар доираи ин низом унсурҳои зерин муҳим хоҳанд буд. *Равандҳои корӣ*: бақайдгирӣ ва назорати корбарон; ташкили манбаи додаҳои луғат; кор бо сабти овоз; шинохти нутқ; таҳлили натиҷаи шинохти нутқ. *Субъектҳо*: маъмур; корбари оддӣ; забоншинос (мутахассис); муҳандис. *Функцияҳои имконпазир*: бақайдгирии корбар; аз қайд гузаштани корбар; воридшавӣ ба низом; таҳрири “мизи кории” корбар; ворид кардани элементи матн ба луғат; таҳрир кардани элементи матн дар луғат; сабти овоз ва коркарди аввали он; тақсим намудани сабт ба воҳидҳои (қолаб) овозӣ; идоракунии воҳидҳои (қолаб) овозӣ; таҳлили овози воридшуда; муқоиса бо воҳидҳои матнии дар луғат ҷойдошта; ҳисоби ғоизи дақиқи шинохти нутқ; пешниҳоди воҳиди матн мувофиқи натиҷаи шинохти нутқ; таъмини амнияти иттилоот. Барои муайян намудани вобастагии мантиқӣ ва функционалӣ байни равандҳои корӣ, субъектҳо ва функцияҳои имконпазир амсилаи математикӣ дар таҳлили омӯри коркард ва пешниҳод карда шуд.

2. Дар раванди амсиласозии компютери аз усули меъморӣ “қабат ба қабат”, яъне тарҳрезии масъалаи шинохтагирии фармонҳои овозӣ бо имконияти забони амсиласозии компютери UML васеъ истифода карда шуд. Қабати якум ин рафтори низом, бо пешниҳоди диаграммаи ҳолатҳои истифодабарӣ ба ҳисоб меравад. Қабати дуюм, амсилаи динамикии низом бо тарҳрезии диаграммаи ҳамкориҳои байни субъектҳо ва объектҳои низом. Қабати сеюм бошад, масъалаи тарҳрезии амсилаи сохтори низоми иттилоотӣ бо коркарди диаграммаи синфҳо, яъне маҷмӯи синфҳо, интерфейси рӯйхати додаҳои литералӣ ва муносибати байни онҳоро дар бар мегирад. Қабати чорум ва ниҳой ин тарҳрезии амсилаи воқеии низоми иттилоотӣ мебошад, ки аз маҷмӯи компонентҳо ва ҷойгиршавии воқеии онҳо иборат аст. Усули интиҳоб карда шуда, барои коркарди низоми иттилоотии шинохтагирии фармонҳои овозӣ бо забони тоҷикӣ, яъне дар низоми Tajik-AVCR мавриди истифода қарор дода шуд.

3. Натиҷаи коркард дар амсилаҳои акустикӣ ва лингвистикӣ бо ҳамбастаи манбаи додаҳои калимаҳо ва ё ибораҳо ба самти таҳлил карда шуданд. Нутқи садододашуда ба қисмҳо бурида мешавад. Натиҷа дар манбаи додаҳо таҳлил, ҷустуҷӯ карда мешавад ва шинохт калимаҳои калидии дар луғат сабтшуда, барои ба шаклдарории калимаҳо, яъне ҳамчоя кардани воҳидҳои шинохта, ба роҳ монда мешаванд. Ҷараёни кор аз алгоритми истифодашуда ва усулҳои дар боло зикршуда вобаста аст: сигнали овозии пешниҳодшуда аввал бояд аз ҳалалҳои садой тоза карда шавад; коркарди пешакии сигнали воридшуда, ки дар он сатҳи сигнал баробар карда мешавад; ташаккули амсилаи акустикӣ ва лингвистикӣ низом.

4. Дар асоси амсилаи математикӣ, компютерӣ ва сохтори мантиқии ба даст оварда шуда, модулиҳои барномавии Tajik-AVCR – низоми шинохти фармонҳои овозӣ коркард карда шуданд. Низоми шинохт аз модулиҳои таҳлил, ҷустуҷӯ, амсилаҳои акустикӣ ва лингвистикӣ забони тоҷикӣ, манбаи додаҳои фармонҳои овозӣ, интерфейси корбар иборат мебошад.

5. Барои санҷидани самаранокии кори таъминоти барномавӣ 30 нафар корбарон дар ҷойҳои гуногуни пурғавғо ва ором ҷалб карда шуданд, ки фоизи миёнаи шинохти нутқ ба 76,48% баробар гардид. Фосилаи фоизи шинохти нутқ аз 64,33 то 85,47 фоизро ташкил дод. Натиҷаи ба даст оварда, албатта дар шароити имрӯзи коркарди низомҳои худкори шинохти нутқ ва бозори таъминоти барномавӣ ба талабот ҷавобгӯ мебошад.

6. Барои санҷиши самаранокии шинохтагирии фармонҳои овозт байни корбарон аз рӯйи ҷинс ва сини сол ба се гурӯҳ тақсим карда шуданд: аз 14 то 24 сола, аз 25 то 44 сола ва аз 45 то 60 сола. Дар ин маврид, қимати миёнаи дақиқи шинохти нутқ байни занҳои сини солашон аз 25 то 44 солаи зиёдтар, яъне ба 81,47% ба назар мерасад. Аммо дақиқи шинохти нутқ байни мардҳои сини солашон аз 14 то 24 сола нисбатан фоизи кам, яъне 74,51%-ро соҳиб гашт. Ин муаммо ба раванди шинохти нутқ вобаста буда, усули талаффузи табиӣ корбаронро ифода менамояд.

ХУЛОСА

1. Дар заминаи таҳлили таҳқиқоти илмӣ ва амалӣ дар соҳаи забоншиносии компютерӣ ва технологияҳои овозӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ва берун аз он, таҳқиқоти назариявӣ барои таҳқиқоти илмӣ **муқаррар гардиданд**, ки аз таҳияи амсилаҳои математикӣ ва компютерӣ, усулҳои коркарди нутқ дар асоси шабакаҳои нейронӣ **омӯхта шудаанд** ва татбиқи онҳо дар низоми худкори шинохти нутқи тоҷикӣ иборат мебошад [1-M], [3-M], [7-M], [9-M].

2. Бо мақсади ҳалли масъалаи коркарди низоми иттилоотии шинохтагирии фармонҳои овозӣ бо забони тоҷикӣ усулҳои нав дар асоси шабакаҳои нейронӣ **таҳия, аз нав коркард ва пешниҳод карда шудаанд** [2-M], [10-M], [12-M].

3. Амсилаҳои математикӣ ва компютерӣ барои симои рақамии нутқ **таҳия гардида**, усулҳои коркарди воҳидҳои овозӣ **коркард** ва дар намуди алгоритмҳои алоҳида **татбиқ карда шуданд** [2-M], [4-M], [14-M].

4. Усулҳои маъмули бо шабакаи нейронӣ вобаста ба монанди ЗИАО-ШН ва TajNN-SAT **пешниҳод шудаанд**, ки аз комплекси амсилаҳо ва алгоритмҳо дар масъалаҳои шинохтагирии воҳидҳои овозӣ бо забони табиӣ **татбиқ карда шуданд** [2-M], [4-M], [8-M], [14-M].

5. Дар рисолаи илмӣ масъалаҳои асосии ҷамъоварӣ, нигоҳдорӣ, коркард, ва рақамигардонии воҳидҳои овозӣ бо забони тоҷикӣ **муқаррар шуда**, симои рақамии онҳо **пешниҳод карда шудаанд** [5-M], [7-M], [12-M], [13-M], [14-M].

6. Маҷмӯи барномаҳои компютерии TAJIK-ACVR **коркард карда шудааст**, ки самаранокии кори диссертатсионӣ, яъне амсилаҳои математикӣ ва компютерӣ, усулҳои махсусгардонидаи шабакаҳои нейронӣ, алгоритмҳои коркарди воҳидҳои овозӣ **асоснок карда шудаанд** [4-M], [6-M], [14-M].

7. Натиҷаҳои илмӣ-таҳқиқотии кори диссертатсионӣ барои омӯзиши хусусиятҳои забони тоҷикӣ барои ҳамаи корбарони технологияҳои иттилоотӣ заминаи устувор **ба ҳисоб меравад** ва онҳо дар намуди комплекси барномаҳои TAJIK-AVCR дар соҳаи илм ва маориф дар Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес

ва сиёсати Тоҷикистон ва Донишкадаи саноат ва хизматрасонӣ, аз рӯйи соҳаи тиб дар ҶДММ “Баҳри Шифо” ва ҶДММ “Ал-Финур”, аз рӯйи соҳаи сайёҳӣ дар ҶДММ “Марвел Вита Травел” ва ширкати сайёҳии “Панчистон” дар истифода қарор дода шудаанд, ки тасдиқи амалии натиҷаҳоро асоснок мекунанд [2-М], [5-М], [15-М].

ТАВСИЯҲО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия ва татбиқи амалии онҳо рушди минбаъдаи назарияи тарҳрезии пойгоҳи додаҳо ва ҳалли масъалаи илмӣ, яъне таҳияи усулҳои самараноки ташаккулдиҳии низомҳои иттилоотӣ ва замимаҳои шинохти нутқ, ки дар иҷрои вазифаҳои иттилоотӣ ва техникӣ дар муассисаҳои таҳсилоти олии касбӣ, махсусан дар раванди таълим, тандурустӣ, сайёҳӣ ва ғайра аҳамияти амалӣ доранд, таъмин менамоянд.

Аҳамияти амалии таҳқиқоти диссертатсионӣ аз таҳияи методикаи умумии моделиронии компютерии пойгоҳи додаҳои шинохтагирии нутқ иборат аст. Воридоти тағйироти муайян ба алгоритм ва системаи барномавӣ имконият медиҳад, ки дар қолаби амсилаи мавҷуда тарҳи амсилаҳои муассисаҳои таҳсилоти дигар рехта шавад. Технологияи ҳосилшуда метавонад ба болоравии амалияи амсиласозии компютерӣ саҳми арзанда гузорад.

РҶҶХАТИ АДАБИЁТ

РҶҶХАТИ АДАБИЁТИ ИСТИФОДАШУДА

1. Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ ва хориҷии ҷумҳурӣ. 28.12.2024. www.president.tj

2. Барномаи давлатии амалӣ намудани технологияҳои иттилоотӣ-коммуникатсионӣ дар муассисаҳои таҳсилоти умумии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2018-2022. Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 29 сентябри соли 2017 № 443

3. Консепсияи ташаккули Ҳукумати электронӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон. Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 декабри соли 2011, № 643

4. Конститутсияи Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 6 ноябри соли 1994 бо тағйири иловаҳо аз 26 сентябри соли 1999, 22 июни соли 2003 ва 22 майи соли 2016 (бо забонҳои тоҷикӣ ва русӣ). – Душанбе: Ганҷ, 2016. – 136 с.

5. Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон дар бораи "Стандарти ҷобачогузори давлатии алифбои тоҷикӣ дар клавиатураи компютерӣ" аз 2 августи соли 2004 таҳти № 330

6. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон "Дар бораи забони Давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон". Ахбори Маҷлиси Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон, соли 2009, №9-10, мод.546

7. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон "Дар бораи иттилоот" аз 03.07.2012 №848

8. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон дар бораи иттилоотонӣ. http://ncz.tj/system/files/Legislation/40_ru.pdf

9. Стратегияи давлатии "Технологияҳои иттилоотӣ-коммуникатсионӣ барои рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон". Қарори Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 5 ноябри соли 2003, № 1174

10. Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030. Қарори Маҷлиси намояндагони Маҷлиси Олии Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 1 декабри соли 2016, № 636

11. Стратегияи рушди инноватсионии Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2020. Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 30 майи соли 2015, № 354

12. Алимуратов, А.К., Чураков, П.П. Обзор и классификация методов обработки речевых сигналов в системах распознавания речи // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2015. №2 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-i-klassifikatsiya-metodov-obrabotki-rechevyh-signalov-v-sistemah-raspoznavaniya-rechi> (дата обращения: 15.10.2024).

13. Кипяткова И. С., Карпов А. А. Разновидности глубоких искусственных нейронных сетей для систем распознавания речи // Информатика и автоматизация. – 2016. – Т. 6. – №. 49. – С. 80-103.

14. Меденников И.П. Двухэтапный алгоритм обучения акустических моделей на основе устойчивости нейронных сетей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dvuhetapnyy-algoritm-initsializatsii-obucheniya-akusticheskikh-modeley-na-osnove-glubokih-neyronnyh-setey> (дата обращения: 15.10.2024).

15. Применение скрытых марковских моделей для распознавания речи диктора, Воронеж, 15–16 декабря 2015 года. Том Часть 2. – Воронеж: Воронежский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2015. – 353 с. – EDN VNNKBL.

16. Барский, А. Б. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления: монография / А. Б. Барский. - Москва: РУСАЙНС, 2024.- 186 с.

17. Богустов А. А. Искусственный интеллект как субъект права: аргументы к дискуссии / А. А. Богустов // Хозяйство и право. - 2021. - № 9. - С. 114-121.

18. Гифт, Н. Прагматичный ИИ. Машинное обучение и облачные технологии: науч. изд./ Н. Гифт; пер. с англ. И. Пальти. - СПб: Питер, 2019, - 300 с.

19. Гулиева, М. Особенности правового регулирования искусственного интеллекта в законодательстве различных государств / М. Гулиева // Право и экономика. - 2022. - № 9. - С. 25-31.

20. Дейвенпорт, Т. Внедрение искусственного интеллекта в бизнес-практику: преимущества и сложности: учебник / Т. Дейвенпорт; пер. с англ. З. Мамедьянова. - Москва: Сбербанк, 2019. - 250 с.

21. Косимов, А.А. Становление компьютерной лингвистики Таджикистана / А. А. Косимов. – Душанбе: Ирфон, 2021. – 102 с. – ISBN 978-99975-63-74-3. – EDN GBKWZO.

22. Тампель И. Б., Карпов А. А. Автоматическое распознавание речи // Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО. – 2016.

23. Тампель, И. Б. Автоматическое распознавание речи - основные этапы за 50 лет / И. Б. Тампель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 6. – С. 957-968. – DOI 10.17586/2226-1494-2015-15-6-957-968. – EDN UXQRZD.

24. Усманов, З. Д. Автоматический поиск и статистические закономерности множества анаграмм / З. Д. Усманов. – Душанбе: "Дониш", 2020. – 75 с. – ISBN 9799997544421. – EDN JKXНМН.

25. Усманов, З. Д. Моделирование собственного времени процесса / З. Д. Усманов; Институт математики АН Республики Таджикистан. – Mauritius: LAP LAMBERT, 2017. – 110 с. – ISBN 978-3-659-91565-9. – EDN TJNHEC.

26. Усманов, З. Д. Морфологический анализ словоформ таджикского языка / З. Д. Усманов, Г. М. Довудов. – Душанбе: Дониш, 2015. – 130 с. – ISBN 978-99975-44-42-1. – EDN TYBDNT.

27. Усманов, З. Д. Низомҳои худкори коркарди маълумот бо забони тоҷикӣ / З. Д. Усманов, Х. А. Худойбердиев. – Худжанд: Ирфон, 2022. – 186 с. – ISBN 978-99985—6624-8. – EDN ULPYYQ.

28. Усманов, З. Д. Обобщенные системы Коши-Римана с сингулярной точкой / З. Д. Усманов; Академия наук республики Таджикистан; Математический институт с вычислительным центром. – Душанбе: ТаджикНИИНТИ, 1993. – 245 с. – EDN VIIFRF.

29. Усманов, З. Д. Формирование коллекции морфов таджикского языка / З. Д. Усманов, Г. М. Довудов. – Душанбе: Дониш, 2014. – 109 с. – EDN STOVBL.

30. Усманов, З. Д. Опыт компьютерного синтеза таджикской речи по тексту / З. Д. Усманов, Х. А. Худойбердиев. – Душанбе: "Ирфон", 2010. – 145 с. – ISBN 978-99947-0-113-1. – EDN VNFDKR.

31. Усманов, З. Д. Проблема раскладки символов на компьютерной клавиатуре / З. Д. Усманов, О. М. Солиев. – Душанбе: "Ирфон", 2010. – 104 с. – ISBN 978-99947-0-144-5. – EDN VMOLRT.

32. Червяков Н.И., Кучукова Н.Н. Проблемы автоматического распознавания слитной речи. Методы обработки исходного речевого сигнала // Экономика. Информатика. 2016. №23 (244). URL: [https:// cyberleninka.ru/article/n/problemy-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-slitnoy-rechi-metody-obrabotki-ishodnogo-rechevogo-signala](https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-slitnoy-rechi-metody-obrabotki-ishodnogo-rechevogo-signala) (дата обращения: 15.10.2024).

33. Чихачев, А. Н. Технологии голосового управления / А. Н. Чихачев, М. В. Слива // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: материалы VI международной научно-практической конференции, Нижневартовск, 13–15 февраля 2017 года. Том Часть 2. – Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2017. – С. 232-235. – EDN YNOVVV.

34. Chorowski J. K. et al. Attention-based models for speech recognition // Advances in neural information processing systems. – 2015. – Т. 28.

35. Mattys S. L. et al. Speech recognition in adverse conditions: A review //Language and Cognitive processes. – 2012. – Т. 27. – №. 7-8. – С. 953-978.
36. Yu D., Deng L. Automatic speech recognition. – Berlin: Springer, 2016.
37. Graves A., Mohamed A., Hinton G. Speech recognition with deep recurrent neural networks //2013 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing. – Ieee, 2013. – С. 6645-6649.
38. Juang B. H., Rabiner L. R. Hidden Markov models for speech recognition //Technometrics. – 1991. – Т. 33. – №. 3. – С. 251-272.
39. Lee K. F. Automatic speech recognition: the development of the SPHINX system. – Springer Science & Business Media, 1988. – Т. 62.
40. Ravanelli M., Parcollet T., Bengio Y. The pytorch-kaldi speech recognition toolkit //ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – IEEE, 2019. – С. 6465-6469.
41. Tebelskis J. M. Speech recognition using neural networks. – Carnegie Mellon University, 1995.
42. Zue V. W. The use of speech knowledge in automatic speech recognition //Proceedings of the IEEE. – 1985. – Т. 73. – №. 11. – С. 1602-1615.
43. Белоруцкий, Р. Ю., Житник, С. В. Распознавание речи на основе сверточных нейронных сетей //Вопросы радиоэлектроники. – 2019. – №. 4. – С. 47-52.
44. Солиев, О. М. Низоми автоматии тафтиши имлои матнҳои забони тоҷикӣ - TajSpell / О. М. Солиев, А. А. Назаров, Ш. Н. Ашӯрова // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2021. – No. 2(19). – Р. 15-21. – EDN VWFLHC.
45. Солиев, П. А. Тарчумони мошинии нейронӣ: истифодаи OpenNMT барои омӯзонидани модели тарчумон / П. А. Солиев, А. А. Косимов // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2019. – No. 1(10). – Р. 13-18. – EDN RRGKNE.

46. Солиев, П. А. Шабақаҳои нейронӣ ва истифодаи онҳо дар тарҷумони мошинӣ / П. А. Солиев, А. А. Косимов // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2018. – No. 3(8). – P. 11-17. – EDN BVMORS.

47. Худойбердиев, Х. А. Амсиласозии воқеии низомҳои коркарди матн бо забони тоҷикӣ / Х. А. Худойбердиев // Таҳлили компютери масъалаҳои илм ва технология: Маводҳои конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи, бахшида ба «Солҳои 2020-2040 эълон гардидани 20-солаи омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» ва «75-солагии донишгоҳи миллии Тоҷикистон», Душанбе, 24 октябры 2023 года. – Душанбе: Таджикский национальный университет, 2023. – P. 106-111. – EDN IXARLK.

48. Худойбердиев, Х. А. Амсиласозии раванди шинохти нутқ дар заминаи нутқи забони тоҷикӣ / Х. А. Худойбердиев, Б. Х. Ашурзода // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – No. 2(58). – P. 39-42. – EDN VNMJGH.

49. Худойбердиев, Х. А. Масъалаҳои тарҳрезӣ ва коркарди луғатҳои электронӣ дар коркарди низомҳои худкори тарҷумон бо забони тоҷикӣ / Х. А. Худойбердиев // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – No. 1(57). – P. 40-46. – EDN FBNJRI.

50. Гребнов, С.В. Аналитический обзор методов распознавания речи в системах голосового управления // Вестник ИГЭУ. 2009. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-metodov-raspoznavaniya-rechi-v-sistemah-golosovogo-upravleniya> (дата обращения: 15.10.2024).

51. Гуртуева, И.А. Современные проблемы автоматического распознавания речи // Известия КБНЦ РАН. 2020. №6 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-problemy-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-rechi> (дата обращения: 15.10.2024).

52. Жолондковский, В. В. Сравнительный анализ нейросетевых подходов для решения задачи распознавания голосовой команды / В. В. Жолондковский // Перспективные системы и задачи управления: Материалы XVIII

Всероссийской научно-практической конференции и XIV молодежной школы-семинара. Посвящается памяти Почетного члена Оргкомитета Конференции, водителя первого лунохода, генерал-майора В.Г. Довганя, п. Домбай, Карачево-Черкесская Республика, 03–07 апреля 2023 года. – Таганрог: Общество с ограниченной ответственностью Издательство "Лукоморье", 2023. – С. 349-359. – EDN DIZVHO.

53. Зубань Ю. А., Скляр И. В. Система распознавания голосовых команд. – 2007.

54. Козлов, В. В. Применение численных методов в задаче распознавания голосовых команд / В. В. Козлов, А. И. Тюмин // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации ("Шляндинские чтения - 2019"): Материалы XI Международной научно-технической конференции с элементами научной школы и конкурсом научно-исследовательских работ для студентов, аспирантов и молодых ученых, Пенза, 28–30 октября 2019 года / под ред. Е. А. Печерской. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2019. – С. 248-251. – EDN PGFZFT.

55. Лебедев, С. С. Архитектуры нейронных сетей / С. С. Лебедев, В. Ю. Кондратьев // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития: Сборник материалов XIV международного форума, Краснодар, 12–17 июля 2021 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 431-434. – EDN OCLAKV.

56. Мазуренко, И. Л. Компьютерные системы распознавания речи / И. Л. Мазуренко // Интеллектуальные системы. – 1998. – Т. 3, № 1-2. – С. 117-133. – EDN XCUENF.

57. Марковников, Н.М., Кипяткова, И.С., Исследование методов построения моделей кодер-декодер для распознавания русской речи // Информационно-управляющие системы. 2019. №4 (101). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-postroeniya-modeley-koder-dekoder-dlya-raspoznavaniya-russkoy-rechi> (дата обращения: 15.10.2024).

58. Худойбердиев, Х.А. Усманов Зафар Джураевич - вклад в компьютерную лингвистику таджикского языка / Х. А. Худойбердиев // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2022. – № 3(50). – С. 150-156. – EDN NSOGDV.

59. Шалдыбин, Г. В. Распознавание голосовых команд с помощью искусственных нейронных сетей / Г. В. Шалдыбин // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы: Сборник статей по материалам VII Всероссийской межвузовской научно-практической конференции, Пенза, 18 марта 2020 года / Под редакцией Л.Р. Фионовой. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2020. – С. 377-379. – EDN СВYTFQ.

60. Абдуллин, Д. М. Распознавание и конвертация речи в текстовый вид при помощи языка программирования Python / Д. М. Абдуллин, Г. А. Гареева // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: Сборник научных статей по итогам II международной научной конференции, Казань, 27–28 февраля 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2021. – С. 162-163. – EDN EQKHSK.

61. Амирасланов, Э. Г. Улучшенный метод распознавания речи для разработки системы голосового управления / Э. Г. Амирасланов, С. Э. Сараджишвили, Т. В. Леонтьева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 4-2. – С. 42-45. – DOI 10.37882/2223-2966.2023.04-2.01. – EDN EFQWAK.

62. Бакиев, И. И. Непрерывное распознавание речи на основе скрытых марковских моделей / И. И. Бакиев // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей по итогам двенадцатой международной научной конференции, Казань, 30–31 декабря 2020 года. Том Часть 1. – Казань: ООО «Конверт», 2020. – С. 13-15. – EDN JZQKVB.

63. Бакиев, И. И. Современные методы автоматического распознавания речи в устройствах / И. И. Бакиев, Р. М. Муратов // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: Сборник научных статей III международной научной конференции, Казань, 30–31 марта 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2021. – С. 31-32. – EDN LAOTMG.

64. Бардин, А. К. Использование голосовых команд для формирования сигналов управления на примере систем умного дома / А. К. Бардин, А. А. Кораченцов // Colloquium-Journal. – 2019. – № 14-2(38). – С. 148-152. – EDN ALRUFW.

65. Бобоев, Ш. И. Использование нейросетей при разработке электронных помощников / Ш. И. Бобоев, О. И. Никитина // Молодежь и XXI век - 2024: Сборник научных статей 13-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 15–16 февраля 2024 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. – С. 337-340. – EDN XSZDSL.

66. Гребнов С. В. Двухуровневый метод распознавания голосовой команды // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2009. – №. 3. – С. 90-93.

67. Зарипов, С. А. Информативность текста естественного языка / С. А. Зарипов // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2021. – № 3(46). – С. 173-178. – EDN TKULDL.

68. Зарипов, С. А. Амсилаи синтези чумлаи соддаи тоҷикӣ / С. А. Зарипов // Паёми Донишгоҳи давлатии тичорати Тоҷикистон. – 2020. – No. 1(30). – P. 295-304. – EDN ZOLLCZ.

69. Исмаилов, М. А. Алгоритмы анализа префиксов и словоформ, образованных из основ существительных и прилагательных / М. А. Исмаилов, А. Г. Гуломсафдаров // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 1(45). – С. 15-20. – EDN EYVROM.

70. Истамкулов, Х. Методы токенизации текста на таджикском языке с помощью языка Python / Х. Истамкулов, Д. Музафаров // Современная наука:

актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 6-2. – С. 78-82. – DOI 10.37882/2223-2982.2023.6-2.16. – EDN EVOEZZ.

71. Каримова, П. М. Нейросети в лингвистике и особенности лингвистики таджикского языка / П. М. Каримова, С. М. Пиров // Вестник Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе. – 2023. – Т. 1, № 1(29). – С. 5-16. – EDN MUYDGY.

72. Карпов, А.А., Кипяткова, И.С. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи // Приборостроение. 2012. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-otsenivaniya-raboty-sistem-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-rechi> (дата обращения: 15.10.2024).

73. Комарова, А. В. Применение машинного обучения в распознавании речи / А. В. Комарова // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа, 08 декабря 2017 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 77-80. – EDN ZXSGRF.

74. Лизогуб, Д. С. Анализ проблем, связанных с созданием системы распознавания речи на основе алгоритма скрытых марковских моделей / Д. С. Лизогуб // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 67а-68. – EDN OFRUDP.

75. Меденников И.П. Диктозависимые признаки для возникновения спонтанной речи // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diktoro-zavisimye-priznaki-dlya-raspoznavaniya-spontanoy-rechi> (дата обращения: 15.10.2024).

76. Пальчунова, О. Д. Разработка алгоритма распознавания речевых ошибок / О. Д. Пальчунова // Мальцевские чтения: Тезисы докладов Международной конференции, Новосибирск, 13–17 ноября 2023 года. – Новосибирск: Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2023. – С. 57. – EDN HEUVET.

77. Парамонов, П. А. Быстрый алгоритм распознавания голосовых команд на основе стационарного распределения скрытой марковской модели / П. А. Парамонов, И. В. Огнев // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2018. – № 5. – С. 65-72. – DOI 10.24160/1993-6982-2018-5-65-72. – EDN YCKHWP.

78. Первушин, Е. А. Обзор основных методов распознавания дикторов / Е. А. Первушин // Математические структуры и моделирование. – 2011. – № 24. – С. 41-54. – EDN OKIBGF.

79. Поречный, А. С. Компьютерная лингвистика: развитие и прогноз практического применения технологий / А. С. Поречный, Е. В. Полицына, С. А. Полицын // Информатика: проблемы, методы, технологии: материалы XXIII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгаинова, Воронеж, 15–17 февраля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 1043-1052. – EDN CFXLPY.

80. Соколов, Д. С. Разработка модели свёрточной нейронной сети для распознавания голосовых команд / Д. С. Соколов, Д. М. Садретдинов // Полихотомические классификации специальных терминов в научной и учебной литературе: Материалы межрегионального тематического сборника с международным участием / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет»; Миасский филиал Международная академия фундаментального образования. – Курган: Курганский государственный университет, 2021. – С. 423-428. – EDN QIPCEP.

81. Титов, Ф.Д., Обзор задачи автоматического распознавания речи // Научные исследования и инновации. 2021. №9. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zadachi-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-rechi> (дата обращения: 15.10.2024).

82. Томашенко, Н.А. Использование в системах автоматического распознавания речи GMM-моделей для адаптации акустических моделей,

построенных на основе искусственных нейронных сетей // Н.А.Томашенко, Ю.Ю.Хохлов, Э.Ларшер, Я.Эстев, Ю.Н.Матвеев / Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-v-sistemah-avtomaticheskogo-raspoznavaniya-rechi-gmm-modeley-dlya-adaptatsii-akusticheskikh-modeley-postroennyh-na-osnove> (дата обращения: 15.10.2024).

83. Федорова, А. С. Анализ применения нейронных сетей на базе искусственного интеллекта при распознавании речи в синхронном переводе / А.С.Федорова // Студенческая наука для развития информационного общества: Сборник материалов XI Всероссийской научно-технической конференции в онлайн формате (посвящается светлой памяти профессора Николая Ивановича Червякова), Ставрополь, 22–23 декабря 2020 года. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. – С. 539-545. – EDN VBVBVF.

84. Худойбердиев, Х.А. Моделирование системы автоматической обработки текста на таджикском языке / Х. А. Худойбердиев // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 27-33. – EDN KRBOBH.

85. Худойбердиев, Х. А. Модель анализа и сегментации речевого сигнала для послогового распознавания таджикской речи / Х. А. Худойбердиев // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2017. – № 4(31). – С. 85-87. – EDN YNHNRD.

86. Худойбердиев, Х. А. Разработка и реализация системы машинного перевода на основе правил с русского на таджикский язык / Х. А. Худойбердиев // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 2(62). – С. 33-36. – EDN HMKJGH.

87. Худойбердиев, Х. А. Современные тенденции в компьютерной лингвистике таджикского языка / Х. А. Худойбердиев // Актуальные проблемы лингвистики и лингводидактики в современных условиях: Материалы республиканской научно-практической конференции, Душанбе, 29 ноября

2022 года. – Душанбе: Филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в городе Душанбе, 2022. – С. 279-284. – EDN HMQWZS.

88. Худойбердиев, Х. А. Цифровой портрет таджикского языка на основе статистических закономерностей кириллического алфавита / Х. А. Худойбердиев, Ш. Н. Ашурова // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 4(60). – С. 29-31. – EDN LJNPKO.

89. Чапурин, А. В. Предварительная обработка сигнала для задач распознавания речи / А. В. Чапурин, О. Н. Корелин // Информационные системы и технологии ИСТ-2018: Материалы докладов XXIV Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию Нижегородской радиолaborатории, Нижний Новгород, 20 апреля 2018 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2018. – С. 906-912. – EDN EYQKLT.

90. Черкашин, Е. И. Применение спектра модуляции речевого сигнала для распознавания голосовых команд / Е. И. Черкашин, Т. В. Шарий // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы III Международной научной конференции, Донецк, 25 октября 2018 года / Под общей редакцией С.В. Беспаловой. Том 1. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2018. – С. 250-251. – EDN YPAIXR.

91. Шмигирилова, Е. О. Распознавание речи / Е. О. Шмигирилова // Проблемы энергетики, природопользования, безопасности жизнедеятельности и экологии: Сборник материалов студенческой научно-практической конференции.

92. Щербатов, И.А., Система интерпретирования голосовых команд для управления мобильным роботом // Щербатов И. А., Проталинский И. О., В.А.Бородин / Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – №. 6. – С. 14-18.

93. Abdel-Hamid O. et al. Convolutional neural networks for speech recognition //IEEE/ACM Transactions on audio, speech, and language processing. – 2014. – T. 22. – №. 10. – C. 1533-1545.

94. Beknazarova, S., Xalikova, N., Ismonov, I Algorithm and software for automatic recognition of uzbek speech // ORIENSS. 2021. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-and-software-for-automatic-recognition-of-uzbek-speech> (дата обращения: 15.10.2024).

95. Gupta A., Patel N., Khan S. Automatic speech recognition technique for voice command //2014 international conference on science engineering and management research (ICSEMR). – IEEE, 2014. – C. 1-5.

96. Halle M., Stevens K. Speech recognition: A model and a program for research //IRE transactions on information theory. – 1962. – T. 8. – №. 2. – C. 155-159.

97. Isyanto H., Arifin A. S., Suryanegara M. Performance of smart personal assistant applications based on speech recognition technology using IoT-based voice commands //2020 International conference on information and communication technology convergence (ICTC). – IEEE, 2020. – C. 640-645.

98. Lippmann R. P. Speech recognition by machines and humans //Speech communication. – 1997. – T. 22. – №. 1. – C. 1-15.

99. Liu, M. English speech emotion recognition method based on speech recognition / M. Liu // International Journal of Speech Technology. – 2022. – Vol. 25, No. 2. – P. 391-398. – DOI 10.1007/s10772-021-09955-4. – EDN UROBOO.

100. Schädler, M. R. Interactive spatial speech recognition maps based on simulated speech recognition experiments / M. R. Schädler // Acta Acustica. – 2022. – Vol. 6. – P. 31. – DOI 10.1051/aacus/2022028. – EDN BOYHFU.

101. Anusuya M. A., Katti S. K. Speech recognition by machine, a review //arXiv preprint arXiv:1001.2267. – 2010.

102. Arora S. J., Singh R. P. Automatic speech recognition: a review //International Journal of Computer Applications. – 2012. – T. 60. – №. 9.

103. Benzeghiba M. et al. Automatic speech recognition and speech variability: A review // *Speech communication*. – 2007. – Т. 49. – №. 10-11. – С. 763-786.
104. Elsayed, O. S. Speech and voice recognition system based on machine learning methods / O. S. Elsayed, S. N. Petrov // *Современные средства связи: Материалы XXV Международной научно-технической конференции, Минск, 22–23 октября 2020 года* / Минск: Учреждение образования "Белорусская государственная академия связи", 2020. – Р. 222-223. – EDN MZYGIJ.
105. Hu, Q. FROST: Fallback Voice Apps Recommendation for Unhandled Voice Commands in Intelligent Personal Assistants / Q. Hu, T. Mohamed, W. Xiao [et al.] // *Frontiers in Big Data*. – 2022. – Vol. 5. – DOI 10.3389/fdata.2022.867251. – EDN LTIBZN.
106. Gaikwad, S. K. A review on speech recognition technique. / S.K. Gaikwad, B.W. Gawali, P. Yannawar // *International Journal of Computer Applications*. – 2010. – Т. 10. – №. 3. – С. 16-24.
107. Gurtueva, I. Speech recognition algorithm for natural language management systems under variety of accents / I. Gurtueva, O. Nagoeva, I. Pshenokova // *E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года*. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – Р. 10015. – DOI 10.1051/e3sconf/202016410015. – EDN MCPCGJ.
108. Jelinek F. Statistical methods for speech recognition. – MIT press, 1998.
109. Johnson, E. M. The Optimal Speech-to-Background Ratio for Balancing Speech Recognition With Environmental Sound Recognition / E. M. Johnson, E. W. Healy // *Ear and Hearing*. – 2024. – DOI 10.1097/aud.0000000000001532. – EDN VIQGQU.
110. Khusainov, A. Automating the creation of speech recognition systems for under-resourced languages / A. Khusainov, D. Suleymanov // *Proceedings - 14th Mexican International Conference on Artificial Intelligence: Advances in Artificial Intelligence, MICAI 2015: 14, Advances in Artificial Intelligence, Cuernavaca,*

Morelos, 25–31 октября 2015 года. – Cuernavaca, Morelos, 2015. – P. 28-32. – DOI 10.1109/MICAI.2015.11. – EDN XFJIQD.

111. Levinson S. E. Structural methods in automatic speech recognition //Proceedings of the IEEE. – 1985. – Т. 73. – №. 11. – С. 1625-1650.

112. Morgan N., Bourlard H. Continuous speech recognition //IEEE signal processing magazine. – 1995. – Т. 12. – №. 3. – С. 24-42.

113. Musaev, M. Development of integral model of speech recognition system for Uzbek language / M. Musaev, I. Khujayorov, M. Ochilov // 14th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2020 - Proceedings: 14, Virtual, Tashkent, 07–09 октября 2020 года. – Virtual, Tashkent, 2020. – P. 9368719. – DOI 10.1109/AICT50176.2020.9368719. – EDN XCQFPG.

114. Pei J. I. A., Edition F. Automatic speech recognition //Vision Open Working Group, B rst edition. – 2010.

115. Rabiner L., Juang B. H. Fundamentals of speech recognition. – Prentice-Hall, Inc., 1993.

116. Retracted: English Phrase Speech Recognition Based on Continuous Speech Recognition Algorithm and Word Tree Constraints // Complexity. – 2023. – Vol. 2023. – P. 9892303. – DOI 10.1155/2023/9892303. – EDN FPRHDW.

117. Retracted: English Phrase Speech Recognition Based on Continuous Speech Recognition Algorithm and Word Tree Constraints // Complexity. – 2023. – Vol. 2023. – P. 9892303. – DOI 10.1155/2023/9892303. – EDN FPRHDW.

118. Ryzhikov I. S. About multiagent system applications for speech recognition problem // Сибирский аэрокосмический журнал. 2012. №4 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/about-multiagent-system-applications-for-speech-recognition-problem> (дата обращения: 15.10.2024).

119. Sheshin, M. S. Development and implementation of a method for voice commands recognition / M. S. Sheshin // The 9th annual student scientific conference in English, Vladivostok, 25–31 мая 2022 года. – Vladivostok:

Дальневосточный федеральный университет, 2022. – Р. 113-114. – EDN ACXOVQ.

120. Speech Recognition Algorithms based Cough Recognition System / F. Barkani, M. Hamidi, O. Zealouk, H. Satori // International Journal of Online and Biomedical Engineering. – 2023. – Vol. 19, No. 12. – P. 49-61. – DOI 10.3991/ijoe.v19i12.40471. – EDN RTRKWY.

121. Zeghidour N. et al. Fully convolutional speech recognition //arXiv preprint arXiv:1812.06864. – 2018.

122. Гращенко Л.А. Математические основы автоматизированной таджикско-персидской конверсии графических систем письма: Дисс. канд. физ.-мат. наук. / Гращенко, Леонид Александрович. – Ин-т математики АН Республики Таджикистан, - Душанбе, 2010. - 115 с.

123. Балакшин, П. В. Алгоритмические и программные средства распознавания речи на основе скрытых марковских моделей для телефонных служб поддержки клиентов: специальность 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Балакшин Павел Валерьевич, 2015. – 127 с. – EDN ZOTAUM.

124. Бахтеев К.С. Об идентификации автора текста с помощью γ - классификатора: специальность 05.13.11 – “Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей”: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бахтеев Камил Саидович. Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, – Душанбе, 2021. – 93 с.

125. Гуломсафдаров А.Г. Разработка подсистем автоматической обработки текстов шугнанского языка: специальность 05.13.11 – “Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей”: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гуломсафдаров Абдулназар

Гуломназарович. Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, – Душанбе, 2020. – 20 с.

126. Гусев, М. Н. Методы и модели распознавания русской речи в информационных системах: специальность 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Гусев Михаил Николаевич, 2014. – 378 с. – EDN PBCXAT.

127. Дмитриев, В. Т. Адаптивные системы обработки и передачи речевых сигналов в условиях акустических помех и шумов в радиоканале: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Дмитриев Владимир Тимурович, 2023. – 383 с. – EDN DNBAAT.

128. Довудов Г.М. Компьютерный морфологический анализ таджикских словоформ: специальность 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Довудов Гулшан Мирбахоевич. Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими, – Душанбе, 2018. – 161 с.

129. Ермилов, А. В. Методы, алгоритмы и программы решения задач идентификации языка и диктора: специальность 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей": диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Ермилов Алексей Валерьевич, 2014. – 135 с. – EDN BPRHDG.

130. Карпов, А. А. Аудиовизуальные речевые интерфейсы в ассистивных информационных технологиях: специальность 05.13.00 "Информатика, вычислительная техника и управление": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Карпов Алексей Анатольевич. – Санкт-Петербург, 2013. – 325 с. – EDN RXMWYL.

131. Косимов, А. А. Разработка основ автоматической системы распознавания автора незнакомого текста (на примере художественных

произведений на таджикском языке): специальность 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Косимов Абдунаби Абдурауфович. – Душанбе, 2018. – 107 с. – EDN UXYGNJ.

132. Лобанов, Б. М. Исследование и разработка методов автоматического синтеза речи по фонемному тексту: специальность 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Лобанов Борис Мефодьевич. – Минск, 1984. – 340 с. – EDN NPNMLP.

133. Романенко, А. Н. Робастное распознавание речи для низко-ресурсных языков: специальность 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Романенко Алексей Николаевич, 2020. – 314 с. – EDN SYTGKL.

134. Ронжин, А. Л. Методы и программные средства многоканальной дистанционной обработки речи и их применение в интерактивных многомодальных приложениях: специальность 05.13.11 "Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ронжин Андрей Леонидович. – Санкт-Петербург, 2010. – 330 с. – EDN QEYYZL.

135. Солиев О. М. Математическая модель оптимальной раскладки символов на клавиатуре и её приложения: дисс. канд. физ.-мат. наук. / Солиев Одилходжа Махмудходжаевич. – Ин-т математики АН Республики Таджикистан, - Душанбе, 2008. - 84 с.

136. Харламов, А. А. Нейросетевой подход к интегрированному представлению и обработке информации в интеллектуальных системах: специальность 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени

доктора технических наук / Харламов Александр Александрович. – Москва, 2008. – 276 с. – EDN QEDYYN.

137. Худойбердиев, Х. А. Комплекс программ синтеза таджикской речи по тексту: специальность 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ": диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Х. А. Худойбердиев. – Душанбе, 2009. – 113 с. – EDN TLJIIB.

138. Dhakal P. Novel Architectures for Human Voice and Environmental Sound Recognition using Machine Learning Algorithms. – The University of Toledo, 2018.

139. Gadalla R. Voice recognition system for Massey University Smarthouse: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Engineering in Information Engineering at Massey University: дис. – Massey University, 2006.

140. Кос А. Acoustic feature analysis for robust speech recognition //MSc Thesis, Boğaziçi University, İstanbul, Turkey. – 2002.

141. Kristjansson T. T. Speech recognition in adverse environments: a probabilistic approach: дис. – Ph. D. thesis, University of Waterloo, 2002.

142. McCowan I. A. Robust speech recognition using microphone arrays: дис. – Queensland University of Technology, 2001.

143. Pei J. I. A., Edition F. Automatic speech recognition //Vision Open Working Group, B rst edition. – 2010.

144. Wiggers P. Modelling context in automatic speech recognition //Delft University of Technology. – 2008.

145. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017662041 Российская Федерация. Программа моделирования алгоритма обучения нейронной сети на основе классификатора голосовых команд: № 2017618769: заявл. 30.08.2017: опубл. 26.10.2017 / С. Н. Очиров, Р. М. Файзиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова». – EDN YOYQDA.

146. Лоихаи “Langsoft”. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: www.langsoft.ch (санаи мурочиат: 29.10.2019).

147. Лоихаи “Lexical FreeNet” аз ширкати Datamuse Corporation. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: [http:// home.istar.ca/~obyrne/dict.html](http://home.istar.ca/~obyrne/dict.html) (санаи мурочиат: 14.01.2024).

148. Лоихаи “LingSoft” [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://www.lingsoft.fi> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

149. Лоихаи “MonoConc/ParaConc”. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://monoconc.com/> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

150. Лоихаи “Mystem” барои ширкати Яндекс. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: [http://webcorpora.net/wsgi/mystemplus.wsgi/mystemplus/tagger/mystem /](http://webcorpora.net/wsgi/mystemplus.wsgi/mystemplus/tagger/mystem/) (санаи мурочиат: 14.01.2024).

151. Лоихаи “netXtract” (Relevant Software Inc.). [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://www.netxtract.com/> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

152. Лоихаи “Ngram Statistics Package – NSP”. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://www.d.umn.edu/~tpederse/nsp.html> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

153. Лоихаи “Open Office Org”. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <http://openoffice.org> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

154. Лоихаи “Sakrament Text-to-Speech Engine” аз ширкати “Сакрамент”. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://www.speechtechmag.com> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

155. Лоихаи “Speech Synthesis and Recognition Laboratory”. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://ssrlab.by> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

156. Лоихаи “Speech technology” Маркази технологияҳои нутқӣ, С-Петербург. [Захираи электронӣ] – Ҳолати дастрасӣ: <https://www.speechpro.ru> (санаи мурочиат: 14.01.2024).

РҶҶҲАТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРАҶАИ ИЛМӢ

Мақолаҳо дар маҷалла ва нашрияҳои илмӣ, ки аз тарафи ҚОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон

[1-М] **Дадобоев, А.А.** Модели математикии коркарди овоз ва хосиятҳои иттилоотикунонӣ [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ. -Хучанд. - 2023 -№1 (64) - С. 12-15. ISSN 2077-4974

[2-М] **Дадобоев, А.А.** Модели математикии шинохтагирии овоз [Матн] / **А.А. Дадобоев** / Паёми политехникӣ: Бахши Интеллект. Инноватсия. Инвеститсия – 2023 -№ (61) –С. 27-33. ISSN 2520-2235.

[3-М] **Дадобоев, А.А.** Алгоритми бозшиносии нутқ [Матн] /**А.А. Дадобоев** // Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ. Хучанд. – 2024- №1 (68) –С. 35 – 40. ISSN 2077-4974.

[4-М] **Дадобоев, А.А.** Таъминоти барномавӣ ва ҷудокунии нишонаҳои овозии нутқ [Матн] / **А.А. Дадобоев** / Паёми политехникӣ: Бахши Интеллект. Инноватсия. Инвеститсия – 2024 -№ (64) –С. 53-57. ISSN 2520-2235.

[5-М] **Дадобоев, А.А.** Низоми ҷустуҷӯ ва шинохти фармони овозӣ дар нутқи сарбасти забони тоҷикӣ [Матн] / Х.А. Худойбердиев, **А.А. Дадобоев**, Ш.Н. Ашурова // Паёми ДТТ – 2024. – № 3 (58). – С. 181-189

[6-М] **Анварзода А.А.** Хусусиятҳои асосии системаҳои мобилӣ ва барномаҳои кроссплатформаи барои шинохти нутқ [Матн] / Б.Х. Ашурзода, А.С. Бобоев, **А.А. Анварзода** // Паёми ДТТ – 2025. – № 3 (71). – С. 63 – 67.

Мақолаҳо дар дигар маҷаллаҳои илмӣ

[7-М] **Дадобоев, А.А.** Усулҳои шинохтагирии нутқ ва таснифоти он [Матн] / Ш.М. Исмоилов, **А.А. Дадобоев** // Маводи конференсияи байналмилалӣ илмӣ “Муаммоҳо ва перспективаи алоқамандӣ дар ҷаҳони муосир”, «Илми муосир», ш. Петрозаводск, 2021. – С. 166-173.

[8-М] **Дадобоев, А.А.** Барномаҳои компютерӣ барои таъминоти

шинохтагирии нутқ ва сегментатсияи нутқ [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Маводи конференсияи байналмилалии илмий “Илмҳои ”, «Илми муосир», ш. Петрозаводск, 2022. – С. 21 - 25.

[9-М] **Дадобоев, А.А.** Таснифоти назариявии модели шинохтагирии овоз [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Маводи конференсияи байналмилалии илмий “Пешсафони ИДМ ”, ш. Тошканд, 2023. – С. 249 - 253.

[10-М] **Дадобоев, А.А.** Усулҳои асосии ҳалли масъалаҳои шинохтагирии нутқ [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Маводи конференсияи байналмилалии илмий “Муҳаққиқи ҷавони ИДМ ”, ш. Тошканд, 2024. – С. 638 - 643.

[11-М] **Дадобоев, А.А.** Методы и алгоритмы распознавания речи [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Маводи конференсияи илмӣ-амалии профессорон, омӯзгорон ва муҳаққиқони ҷавони ДДХБСТ “Илм ва инноватсия баҳри иҷрои ҳадафҳои миллӣ”, ш. Хучанд, “Дабир”, 2019.-С. 111-114.

[12-М] **Дадобоев, А.А.** Таснифи системаҳои шинохтагирии овоз [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Маводи конфронси илмӣ-амали профессорону омӯзгорон ва муҳаққиқони ҷавон “Ҳамгироии илм ва истеҳсолот баҳри татбиқи ҳадафҳои стратегии миллӣ”.-Хучанд: “Дабир”, 2022.- С. 144-147.

[13-М] **Дадобоев, А.А.** Таснифоти назариявии модели шинохтагирии овоз [Матн] / Ҳ.Ш. Ғаюров, **А.А. Дадобоев** // Маводи конфронси илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ “Рисолати илми физика дар инкишофи техника ва технологияи муосир”.-Хучанд: “Дабир”, 2023.- С. 113-117.

[14-М] **Дадобоев, А.А.** Таснифи системаҳои шинохтагирии овоз [Матн] / **А.А. Дадобоев** // Маводи конфронси илмӣ-амали профессорону омӯзгорон ва муҳаққиқони ҷавон “Рушди илм ва инноватсия дар шароити рақамикунонӣ”.-Хучанд: “Дабир”, 2023.- С. 153-158.

[15-М] **Анварзода А.А.** Методҳо ва алгоритмҳои синтези нутқ дар асоси матн. [Матн] / Худойбердиев Х.А., Ашурзода Б.Х., Анварзода А.А., Ашурова Ш.Н. // Паёми ДПДТТ ба номи М.С.Осими. – 2025. – № 3(35).

***Шаҳодатномаҳои муаллифӣ ва бақайдгирии давлатии
захираҳои иттилоотӣ***

[16-M] **Дадобоев, А.А.** Web-приложение “Системаи шинохтагии фармонҳои тоҷикӣ” [SOFT] / **А.А. Дадобоев** // – 23.02.2024. – № 188.

[17-M] **Дадобоев, А.А.** Web-приложение “Системаи шинохтагии овоз бо забони тоҷикӣ” [SOFT] / **А.А. Дадобоев, Х.А. Худойбердиев, Д.Ф.Маҳкамов** // – 10.07.2024. – № 4202400519.

[18-M] **Дадобоев, А.А.** Web-приложение “Web-приложение taj-speech-corpus – Формирование речевых баз данных для таджикского языкового корпуса” [SOFT] / **А.Т.Максуди, Х.А. Худойбердиев, А.А. Дадобоев, Ш.Н. Ашурова, А.А. Назаров, Д.Ф. Маҳкамов** // – 17.09.2024. – № 4202400521.

ЗАМИМАИ А.

Нусхаи шаҳодатномаҳои маҳсулоти зеҳнӣ ва бақайдгирии давлатии захираҳои иттилоотӣ

ШАҲОДАТНОМА	CERTIFICATION
дар бораи ба қайд гирифтани асарҳои илм, адабиёт ва санъат	About registration of science Literature and art works
Дода шуд ба: Дадобоев Акмал Анварҷонович дар он хусус, ки ӯ муаллифи барномаи компютерии: "Системаи шинохтирии фармонҳои тоҷикӣ" мебошад. Жанри асар: илмӣ Забони асар: тоҷикӣ Асар иборат аст аз: 14,397 КБ Маълумоти иловагӣ: Тибқи моддаи 6-и Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон "Дар бораи ҳуқуқи муаллиф ва ҳуқуқҳои вобаста ба он" асари мазкур объектҳои ҳуқуқи муаллиф мебошад. Сардори раёсати ҳуқуқи ғайрӣ ҳуқуқи муаллиф ва ҳуқуқҳои вобаста ба он: Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон	Issued to: Dadoboev Akmal Anvarjonovich in particular, that he is the author of computer program for "Tajik command recognition system". Genre of the work: scientific Language of the work: Tajik It consists of: 14,397 KB Additional information: According to Article 6 of the Law on Copyright and related rights of the Republic of Tajikistan this work is protected by copyright. Head of Department of law, protection of copyright and related rights of the Ministry of culture of the Republic of Tajikistan
23.02.2024 № 188	23.02.2024 № 188



ВАЗОРАТИ РУШДИ ИҚТИСОД ВА САВДОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ «МАРКАЗИ МИЛЛИИ ПАТЕНТУ ИТТИЛОӢ»
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАТЕНТНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР»



ШАҲОДАТНОМА

дар бораи бақайдгирии давлатии захираи иттилоӢ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации информационного ресурса

Номигуӣ База данных ключевых слов для системы распознавания голосовых команд на таджикском
Наименование языка (Пойгоҳи додҳои калимаҳои калилӣ барои низоми шинохтигирин фармонҳои овозӣ бо

Сарзамин

Страна Республика Таджикистан

Доранда

Владелец Далобоев Акмал А., Худойбердиев Хуршед А., Махкамов Диловар Ф.

Тахиягар

Разработчик Далобоев Акмал А., Худойбердиев Хуршед А., Махкамов Диловар Ф.

№ қайди давлатӣ

№ государственной

регистрации № 4202400519

Ба Феҳристи давлатии захираҳои иттилоотии
Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст
Внесен в Государственный реестр информационных
ресурсов Республики Таджикистан

10 июля 2024 г.

Директор

Исмоилзода М.Х.





ВАЗОРАТИ РУШДИ ИҚТИСОД ВА САВДОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ «МАРКАЗИ МИЛЛИИ ПАТЕНТУ ИТТИЛОӢ»
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАТЕНТНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР»

ШАҲОДАТНОМА

дар бораи бақайдгирии давлатии захираи иттилоотӣ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации информационного ресурса

Web-приложение taj-speech-corporus – Формирование речевых баз
данных для таджикского языкового корпуса

Номгуӣ

Наименование

Сарзамин

Страна

Доранда

Владелец

Тахиягар

Разработчик

№ қайди давлатӣ

№ государственной

регистрации

Ба Феҳристи давлатии захираҳои иттилоотии

Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст

Внесен в Государственный реестр информационных

ресурсов Республики Таджикистан

Директор

Исмоилзода М.Х.

17 сентября 2024 г.



ЗАМИМАИ Б.

Нусхаи санадҳо оид ба татбиқи амалии натиҷаҳои диссертатсия



«Тасдиқ мекунам»

Директори ширкати

сатҳи «Панҷистон»

Махмудов Р.С.

2024 с.

САНАД

оид ба татбиқи амалии натиҷаҳои рисолаи илми дар мавзӯи «Масъалаи
шинохтагирӣ фармонҳои овози ва татбиқи онҳо дар модели компютерӣ»

Дадобоев Акмал Анварҷонович

Рушди туризм дар Тоҷикистон на танҳо зарурати пайдоиш, барқароршавӣ ва тақмили намудҳои гуногуни туризмро дар ҷумҳурӣ ба миён овард, балки ба пурзӯр гардидани таваҷҷуҳи Ҳукумати кишвар, фаъол гардидани мубодилаи туристии дар миқёси байналмилалӣ аз рӯи ҳамкорӣҳои дуҷониба тадқиқшаванда баррасии масъалаҳои соддатар гардонидани расмияти равандӣ, сарҳадӣ ва гумрукӣ, фароҳам овардани иқлими мусоиди андозӣ, зарурати ҷалби сармоягузориҳои хориҷӣ ба ин соҳа мусоидат намуд. Бо ин мақсад барои рушд ёфтани ин соҳа баъзе равандро автоматӣ кардан лозим мебошад.

Бо ҳамин мақсад комплекси барномавии системаи шинохтагирӣ овоз бо забони тоҷикӣ «Tajik-AVCR», ки дар натиҷаи кори илми татқиқоти иҷро карда шудааст, дар раванди кори ширкат истифода шуда, ба компютерҳои ширкат насб карда шудааст. Ҳангоми истифода намудани ин барнома дар равандроҳои кори ширкат пешравӣ ба назар расид, комплекси барномавӣ минбаъд низ дар ширкат истифода бурда мешавад.



Директори ширкати сатҳи
«Панҷистон»

Махмудов Рабониддин
Субҳониддинович



«Тасдиқ мекунам»

Директори ЧДММ

«Марвел Вита Травел»

Мухтаров А. А.

06 2024 с.

САНАД

оид ба татбиқи амалинии натиҷаҳои рисолаи илми дар мавзун «Маъсалаҳои шинохтагирии фармонҳои овозӣ ва татбиқи онҳо дар модели компютерӣ»

Дадобоев Акмал Анварҷонович

Бо мақсади беҳтар намудани вазъи иҷтимоию иқтисодии минтақаҳои кишвар, бо шугли пурмахсул таъмин кардани аҳоли ва баланд бардоштани сатҳи фаъолнокии иқтисодии сокинони мамлакат бо ибтикори Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ — Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон соли 2018 «Соли рушди сайёҳӣ ва хунаrhoи мардумӣ» эълон карда шуд.

Дар доираи ин лоиҳаи компютерии «Tajik-AVCR» коркард карда шуд. Лоиҳаи коркардкардашуда яке аз аввалин лоиҳаи навин ва дастрас мебошад. Маъмурияти ширкати сайёҳии «Марвел Вита Травел» лоиҳаи системаи шинохтагирии овоз бо забони тоҷикӣ «Tajik-AVCR» санчиш ва корбаст карда ба чунин ҳулоса омад:

- лоиҳа маълумоти сайёҳиро пурра бо забони тоҷикӣ дастрас мекунад;
- аксҳои зарурӣ ба мизочон пешниҳод карда мешавад;
- тариқи фармони овозӣ маконҳои сайёҳӣ ва шароиту имкониятҳои он маълумот медиҳад;
- маълумоти мухтасар оид ба нуктаҳои ҷойгиршавии минтақаҳои истироҳатӣ пешкаш карда мешавад;

Дар асоси натиҷаи санчиш ва истифодаи лоиҳа гуфтан мумкин аст, ки лоиҳаи системаи шинохтагирии овоз бо забони тоҷикӣ «Tajik-AVCR» дар раванди сайёҳии сайёҳон инсон мавриди истифода қарор додан мумкин аст.

Директори ЧДММ
«Марвел Вита Травел»



Мухтаров Акмалхон
Амирович



«Тасдиқ мекунам»

Директори ҶДММ «Ал Финур»

Мачидова М. А.

«08» 07 2024 с.

САНАД

онд ба татбиқи амалии натиҷаҳои рисолаи илми дар мавзӯи
«Масъалаи шинохтагирин фармонҳои овози ва татбиқи онҳо дар модели
компютерӣ» Дадобоев Акмал Анварҷонович

Соҳаи тандурустӣ яке аз самтҳои афзалиятноки сиёсати иҷтимоии давлати Тоҷикистон ба шумор рафта, дар давраи Истиқлоли давлатӣ бомаром рушд карда, то ба имрӯз ба пешравиҳои назаррас ноил гардидааст. Аз солҳои нахустини соҳибистиклолӣ барои рушди соҳаи тандурустӣ ва ҳифзи иҷтимоии аҳоли, танзими фаъолияти соҳа ва таҳкими пойгоҳи моддӣ-техникии ин самти афзалиятнок ҳамаи тадбирҳои зарурӣ амалӣ намуд ва дар марҳилаи кунинӣ тақвият ёфта истодааст.

Системаи шинохтагирин фармонҳои овози бо забони тоҷикӣ «Tajik - AVCR», ки дар натиҷаи гузаронидани кори илмӣ – тадқиқоти таҳия карда шудааст, дар раванди кори муассиса истифода бурда мешавад. Комплекси барномавӣ дар компютерҳои кормандон насб карда шуда, дар оянда ба нақша гирифта шудааст, ки дар даромадҳои муассиса насб карда мешавад.

Комплекси барномавӣ ҳамаи функсиалҳои зарурӣ доро аст ва дар раванди истифодабарӣ қулай мебошад.

Директори ҶДММ «Ал Финур»

Мачидова Мутриба Алиҷоновна



«Тасдиқ мекунам»
Мудир ЧДММ «Баҳри Шифо»
Фозилов А.Р.
«14» БАҲРИ ШИФО 2024 с.

САНАД

оид ба татбиқи амалинии натиҷаҳои рисолаи илмӣ дар мавзун «Масъалаи
шинохтагирии фармонҳои овози ва татбиқи онҳо дар модели компютерӣ»
Дадобоев Акмал Анварҷонович

Дар раванди корбарӣ дар соҳаи тиб шумораи зиёди лоиҳаҳои компютерӣ бо забонҳои русӣ ва англисӣ дастрас ва корбаст карда мешаванд. Аммо лоиҳаҳои компютерӣ бо забони тоҷикӣ кам ба назар намерасанд. Дар доираи рисолаи илмӣ лоиҳаи компютери «Tajik-AVCR» коркард карда шуд.

Лоиҳаи коркардкардашуда яке аз аввалин лоиҳаи навин ва дастрас мебошад.

Лоиҳа дар компютерҳои ЧДММ «Баҳри Шифо» насб кардашуда аз тарафи кормандон дар раванди кори корбаст карда шуданд. Маъмурияти ЧДММ «Баҳри Шифо» лоиҳаи «Tajik-AVCR» санҷиш ва корбаст карда ба чунин хулоса омад:

- лоиҳа маълумоти тиббиро пурра бо забони тоҷикӣ дастрас мекунад;
- истифодабаранда ба тариқи бақайдгирӣ дар мизи кории худ қарор гирифта метавонад;
- аз рӯи расм вобаста аз имконияти интиҳоби узви бадан рӯихати аломатҳои беморӣ пешниҳод карда мешавад;
- имконияти пешниҳоди номгуӣ эҳтимолии бемориҳо вобаста аз аломатҳои дастрас мебошад;
- маълумоти мухтасар оид ба беморӣ бо шарҳи мухтасар ва роҳҳои табобати он пешкаш карда мешавад.

Дар асоси натиҷаи санҷиш ва истифодаи лоиҳа гуфтан мумкин аст, ки лоиҳаи системаи шинохтагирии овоз бо забони тоҷикӣ «Tajik-AVCR» дар раванди табобати бемориҳои инсон мавриди истифода қарор додан мумкин аст. Илова бар ин, лоиҳа дар раванди таҳсил дар муассисаҳои таълимӣ - тиббӣ барои дастрас кардани маълумоти назариявӣ ва амалӣ истифода қардан мумкин аст.

Мудир ЧДММ «Баҳри Шифо»



Фозилов Азим Ризоевич

САНАД

онд ба татбиқи амалии натиҷаҳои рисолаи илмӣ

Дадобоев Акмал Анварҷонович дар мавзӯи “Масъалаи шинохтирии фармонҳои овозӣ ва татбиқи онҳо дар модели компютерӣ”

Комиссия дар ҳайати муовини ректор оид ба корҳои таълим, н.и.х., дотсент Муминзода Шероз Абдучаббор - раиси комиссия ва аъзоёни комиссия: сардори раёсати корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ ва рушди инноватсионӣ, н.и.и., дотсент Самадова Заррина Акрамҷоновна, декани факултети технологияҳои инноватсионӣ ва баҳисобгирии бухгалтерӣ, д.и.и. Хоҷаева Дилрабоҳон Абдусамадовна, мудири кафедраи технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ ва барномарезӣ, н.и.ф.-м., дотсент Муҳамедова Ш.Ф., аз он шаҳодат медиҳанд, ки натиҷаҳои кори илмӣ-таҳқиқотии докторанти (PhD) Дадобоев А.А. доир ба мавзӯи “Масъалаҳои шинохтагии фармонҳои овозӣ ва татбиқи онҳо дар моделҳои компютерӣ”, яқчанд масъалаҳои назариявӣ ва амалии мубрамиро фаро гирифтааст, ба монанди:

- омӯзиш, таҳқиқ ва таҳлили интишороти мавҷуда оид ба технологияҳои сохтани низоми иттилоотӣ ва пойгоҳи додаҳо барои шинохтагирии нутқи тоҷикӣ;

- коркарди амсилаҳои математикӣ ва компютерии дастраси умум ба пойгоҳи додашудаҳои архитектураи шинохтагирии нутки тоҷикӣ;

- коркарди алгоритми пайвандсозии гипер матнҳои маҳаллӣ ба сохтори барномавӣю объектгароии модели шинохтагирии нутқ.

Натиҷаҳои рисолаи илмӣ барои омода кардани мутахассисон бо истифода кардан дар раванди таълим, дар соатҳои дарсии лексионӣ, амалӣ ва лабораторӣ дар курсҳои махсус барои донишҷӯёни ихтисоси 1-40.01.01-02 – Системаҳои автоматикунонидашуда, 1-45.01.01-03 – Технологияи иттилоотӣ идоракунии телекоммуникатсионӣ, 1-31.03.04 – Информатика ва докторантура аз рӯи ихтисоси 6D070400 – Техникаи ҳисоббарор ва таъминоти барномавӣ дар Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон васеъ ва босамар истифода карда мешаванд.

Раиси комиссия:

Муовини ректор оид ба корҳои таълим
н.и.х., дотсент

Муминзода Ш. А.

Аъзои комиссия:

Сардори раёсати корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ ва
рушди инноватсионӣ, н.и.и, дотсент

Самадова З.А.

Декани факултети технологияҳои инноватсионӣ
ва баҳисобгирии бухгалтерӣ, д.и.и.

Хоҷаева Д.А.

Мудири кафедраи технологияҳои иттилоотӣ
коммуникатсионӣ ва барномарезӣ,
н.и.ф.-м., дотсент

Муҳамедова Ш.Ф.

Имзои раиси комиссия ва аъзоёни комиссияро тасдиқ мекунам.

Сардори раёсати кадрҳо ва корҳои махсуси
Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ,
бизнес ва сиёсати Тоҷикистон



Мирпочоев И.Х.

Суроға: 735700 Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш.Хучанд, маҳаллаи 17, бинои 1,
Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон,
тел: +992 (3422) 2 38 11, www.tsulbp.tj



«Тасдиқ мекунам»

Ректори Донишкадаи

саноат ва хизматрасонӣ

Мухторова М.А.

2024 с.

САНАД

оид ба татбиқи амалии натиҷаҳои рисолаи илмӣ дар мавзӯи «Масъалаи шинохтагирӣ фармонҳои овози ва татбиқи онҳо дар модели компютерӣ»
Дадобоев Акмал Анварҷонович

Комиссия дар ҳайати муовини ректор оид ба қорҳои илм ва инноватсияи Донишкадаи саноат ва хизматрасонӣ, Маҳкамов Ҳ.Қ., - раиси комиссия ва аъзоёни комиссия: сармуҳзагор, мудири кафедраи фанҳои тахассусӣ, Раҳимов К.Р., сардори маркази бақайдгирӣ, Доикова С.Н.; сардори шӯбаи таълим, Раҳимов К.Р., сармутахассиси маркази низоми технологияи иттилоотӣ, Отамуродов Ҷ.З. аз он шаҳодат медиҳанд, ки натиҷаҳои қори илмӣ-тадқиқотии докторанти (PhD) Дадобоев А.А. доир ба «Масъалаҳои шинохтагирӣ фармонҳои овози ва татбиқи онҳо дар моделҳои компютерӣ», ки барои татбиқи қори илмӣ - тадқиқотӣ дар истеҳсолот пешкаш гардидааст, дар Донишкадаи саноат ва хизматрасонӣ бо воридкунии чунин вазифаҳо истифода гардидааст:

- гардонидани овоз ба рақам;
- чудо намудани ҳосиятҳои асосӣ (маълумотдошта) аз намуди рақамии овоз;
- сохтани системаи аз ҳосиятҳои физиологияи истифодабаранда ва техникаи овоз новобаста (қисман);
- таҳия намудани базаи маълумот;
- сохтани алгоритми мувофиқгузори фармон бо қолаб;
- муқоиса ва муайян намудани метрикаҳои барои ҳалли ин масъала.
- сохтани системае оид ба миқдори фармонҳои зиёдшаванда.

Амалигаишани маводҳои рисолаи Дадобоев Акмал Анварҷонович:

- усули сохтани хусусиятҳои иттилоотӣ, ки аз адаптиронӣ гирифта шуда, шабакаи амиқӣ нейронӣ бо мушқилие, ки ба баландгӯяк ва шароити акустикӣ мутобиқ карда шудааст;
- алгоритми думарҳила барои оғоз кардани омӯзиши моделҳои акустикӣ дар асоси шабақаҳои амиқӣ нейронӣ;
- усули сохтани системаи шинохтагирӣ овоз ва нутқи забони тоҷикӣ;
- нармафзоре, ки ба системаи шинохтагирӣ нутқ ва нутқи тоҷикӣ дохил карда шудааст.
- баланд бардоштани сатҳи иттилоотии омӯзгорон ва қормандони донишкада;
- ноил гаштани истифодабарандагон ба самаранокии вақт, яъне вақт барои ҳуруфчинӣ сарфа мешавад;

• ба зудди дастрас намудани маълумоти муфид ба истифодабарандагони СИИД;

Натиҷаи кори иҷрошуда дар СИИД, сомонии донишқада, системаи таҳсилоти фосилавӣ истифода бурда мешавад.

Раиси комиссия:

Муовини ректор онд ба қорҳои илм ва инноватсияи
Донишқадаи саноат ва хизматрасонӣ,

Аъзои комиссия:

сармуҳозгор, мудири

кафедраи таҳассусии ДСХ:

Сардори маркази бақайдгирии ДСХ:

Сардори шуъбаи таълими ДСХ:

Сармутахассиси маркази низомии
технологияи иттилоотии ДСХ:

 Махкамов Х.Қ.

Раҳимов К.Р.

Доикова С.Н.

Раҳимов К.Р.

Отамуродов Ҷ.З.

Имзояи раиси комиссия ва аъзои комиссияро тасдиқ мекунам.

Сардори шуъбаи кадри ДСХ  Мухторова М.А.

