

Национальная академия наук Беларуси  
Объединенный институт проблем информатики

**II ФОРУМ IT-АКАДЕМГРАДА  
«ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ  
В БЕЛАРУСИ»**

12-13 октября 2023 года, Минск

**ДОКЛАДЫ**

Минск  
ОИПИ НАН Беларуси  
2023

УДК 004.9; 338.2; 656.13; 683.324

**II Форум IT-Академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»** : доклады, Минск, 12–13 октября 2023 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2023. – 276 с. – ISBN 978-985-7198-17-7.

Представлены доклады заседания «Актуальные вопросы развития искусственного интеллекта в Республике Беларусь», которое проводилось 13 октября 2023 г. в Минске в рамках II Форума IT-Академграда «Искусственный интеллект в Беларуси».

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов и всех, кто интересуется проблемами и перспективами развития и применения методов искусственного интеллекта.

Доклады, вошедшие в настоящий сборник, представлены в авторской редакции. Печатаются по решению программного комитета II Форума IT-Академграда «Искусственный интеллект в Беларуси», а также редакционной коллегии государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси».

#### **Научные редакторы:**

доктор военных наук, кандидат технических наук, доцент С. В. Кругликов;  
кандидат технических наук, доцент С. Н. Касанин

Содержание

Введение.....	3
<i>Абламейко М. С.</i> Риски применения систем искусственного интеллекта: правовая защита.....	5
<i>Абламейко С. В., Абламейко М. С., Белоцерковский А. М., Голенков В. В., Касанин С. Н., Кругликов С. В., Минько Н. С., Михалева Т. Н.</i> Модельный закон «Об искусственном интеллекте»: цель, предмет правового регулирования и основные положения.....	10
<i>Алигаджиев Р. И., Веригин И. С.</i> Искусственный интеллект как платформа: развитие и применение технологии ИИ в практике подготовки данных для цифрового госуправления и автоматизации бизнес-процессов.....	22
<i>Артамонов В. А., Артамонова Е. В.</i> Искусственный интеллект в науке и мироздании.....	26
<i>Атрошкина А. Д.</i> Современное состояние искусственного интеллекта.....	37
<i>Бойко И. М., Писаревский Д. С., Мацко А. А.</i> Интеллектуальная система поддержки принятия решений в области космической деятельности.....	45
<i>Бураков Д. П., Микони С. В., Соколов Б. В.</i> Инструментальная система автоматизации решения задач многокритериального четкого и нечеткого выбора.....	50
<i>Воробьев Д. А., Карпенко А. Д., Тузиков А. В., Андрианов А. М.</i> Применение генеративной модели LSTM глубокого обучения для дизайна потенциальных ингибиторов вируса иммунодефицита человека.....	61
<i>Гецьвіч Ю. С., Дыдо В. В., Бяляўскі Д. А., Зяноўка Я. С., Люціч М. С., Кухарэвіч Г. С., Хахлоў В. А., Драгун А. Я., Павуціна М. А., Назараў У. У.</i> Тэхналогіі аўтаматычнай апрацоўкі і аналізу маўлення з прымяненнем штучнага інтэлекту.....	71

УДК 004.934:004.8

## Тэхналогіі аўтаматычнай апрацоўкі і аналізу маўлення з прымяненнем штучнага інтэлекту

Ю. С. Гецэвіч, В. В. Дыдо, Д. А. Бяляўскі, Я. С. Зяноўка, М. С. Люціч,  
Г. С. Кухарэвіч, В. А. Хахлоў, А. Я. Драгун, М. А. Павуціна, У. У. Назараў  
Аб'яднаны інстытут праблем інфарматыкі НАН Беларусі,  
Мінск

### Уводзіны

Развіццё штучнага інтэлекту (ШІ) і машыннага навучання прывяло да хуткага ўздыму і зацікаўленасці да маўленчых тэхналогій. Тэхналогіі аўтаматычнага аналізу і апрацоўкі маўлення з прымяненнем ШІ – гэта сукупнасць метадаў і алгарытмаў, якія выкарыстоўваюцца для распазнання і разумення натуральнага маўлення з дапамогай камп'ютарных магчымасцей. Яны дазваляюць распазнаваць, інтэрпрэтаваць і аналізаваць маўленчыя сігналы, а таксама ўзаемадзейнічаць з людзьмі на аснове вуснай камунікацыі. Існуе некалькі прычын, чаму тэхналогіі аналізу і апрацоўкі натуральнага маўлення выклікалі зацікаўленасць у сучаснага грамадства. Перш за ўсё, гэта зручнасць выкарыстання. Маўленчыя тэхналогіі дазваляюць кіраваць прыладамі і атрымліваць інфармацыю без неабходнасці набіраць або ўводзіць тэкст. Іх выкарыстоўваюць у розных мэтах, такіх як пошук інфармацыі, кіраванне аўтамабілем і разумным домам, навігацыя і г. д. Дзякуючы ШІ, галасавыя асістэнты становяцца рознабаковымі і здольнымі выконваць усё больш задач. Яшчэ адным немалаважным фактарам з'яўляецца распаўсюджанасць смарт-прылад: галасавое кіраванне смартфонамі, планшэтамі, камп'ютарамі і іншымі прыстасаваннямі спрашчае і пашырае іх функцыянальнасць, робячы іх яшчэ больш прывабнымі для карыстальнікаў.

### Віды маўленчых тэхналогій з прымяненнем штучнага інтэлекту

Да прыкладаў камп'ютарных тэхналогій з галасавым кіраваннем адносяцца галасавыя памочнікі, сістэмы сінтэзу і распазнання маўлення, галасавыя біяметрычныя і аналітычныя сістэмы, дыялагавыя і пытална-адказныя сістэмы.

*Сістэмы сінтэзу маўлення па тэксце (ССМТ ці TTS)* – гэта праграмныя або апаратныя інструменты, здольныя пераўтвараць тэкставую інфармацыю ў галасавое паведамленне. ССМТ шырока ўжываюцца ў розных сферах дзейнасці, менавіта тэхнічная падтрымка, аўтаматызаваныя сістэмы адказаў

на званкі, памочнікі віртуальных галасавых асістэнтаў, аўдыякнігі, а таксама для людзей з парушэннямі маўлення або зроку. *Сістэмы аўтаматычнага распазнавання маўлення (ASR)* прадстаўляюць камп'ютарныя тэхналогіі, распрацаваныя для апрацоўкі аўдыясігналаў і апрацоўкі маўленчай інфармацыі ў тэкставы або графічны фармат. Яны выкарыстоўваюцца для аўтаматычнага распазнавання і інтэрпрэтацыі вымаўленай фразы рознымі прыладамі і прыстасаваннямі з мэтай спрашчэння аналізу і транскрыбацыі галасавога паведамлення. ASR пабудаваны на розных алгарытмах і метадах, такіх як мадэляванне схаванага Маркоўскага працэсу, нейронныя сеткі, глыбокае навучанне і інш.

*Галасавыя біяметрычныя сістэмы* – гэта тэхналогіі для ідэнтыфікацыі або аўтэнтыфікацыі асобы па голасе. Яны працуюць на аснове ўласцівасцяў і характарыстык голасу чалавека, такіх як тон, рытм, хуткасць і нават акцэнт. Для працы галасавых біяметрычных сістэм выкарыстоўваюцца розныя алгарытмы і тэхнікі, уключаючы распазнаванне голасу, аналіз частаты, фанетычны аналіз і т. д. Перавагі галасавых біяметрычных сістэм уключаюць высокую дакладнасць і надзейнасць, адсутнасць неабходнасці ў фізічным кантакце з прыстасаваннем, мінімальнае ўздзеянне на карыстальнікаў, таксама магчымасць выкарыстання ў рэальным часе і на адлегласці.

*Тэхналогіі галасавых аналітычных сістэм* дазваляюць аналізаваць і інтэрпрэтаваць галасавыя даныя з мэтай здабывання інфармацыі, вызначэння эмацыйнага стану, выяўлення намераў і тэндэнцый таго, хто гаворыць. Сістэмы здольны апрацоўваць вялікія аб'ёмы галасавых матэрыялаў, што спрыяе аўтаматызацыі працэсаў і павышэнню эфектыўнасці працы. Яны будуюць карысныя для маніторынгу якасці абслугоўвання кліентаў, распазнавання галасавых каманд у разумных хатніх прыладах, вызначэння падману або афектыўнага стану таго, хто гаворыць, аналізу меркаванняў і настрояў у сацыяльных сетках і інш.

*Дыялагавая сістэма*, таксама вядомая як *пытальна-адказная*, здольна ўзаемадзейнічаць з чалавекам, выкарыстоўваючы натуральную мову. Яна ўступае ў дыялог з карыстальнікам, які можа задаць пытанне ці проста паразмаўляць. Сістэма падтрымлівае дыялог, адказвае на запыты, апрацоўваючы і аналізуючы інфармацыю з розных крыніц, менавіта баз даных, Інтэрнэта ці іншых рэсурсаў. Дадзеныя прыкладанні дазваляюць хутка і эфектыўна прадастаўляць інфармацыю карыстальніку. Замест самастойнага пошуку патрэбнай інфармацыі карыстальнік можа задаць пытанне і атрымаць хуткі адказ. Пытальна-адказныя сістэмы зручныя для працы з вялікімі аб'ёмамі інфармацыі. Яны хутка апрацоўваюць і аналізуюць вялікую колькасць тэксту, вылучаючы ключавыя факты і даныя. Гэта дазваляе эфектыўна здабываць патрэбную інфармацыю. Дыялагавыя сістэмы могуць быць рэалізаваны ў выглядзе галасавых асістэнтаў, мэсанджараў, вэб-чатаў і іншых прыкладанняў. Яны знаходзяць прымяненне ў розных галінах, уключ

чаючы анлайн-падтрымку, аўтаматычныя плацяжы, пошук інфармацыі, браніраванне, пераклад тэксту і іншыя задачы, якія патрабуюць узаемадзеяння з чалавекам.

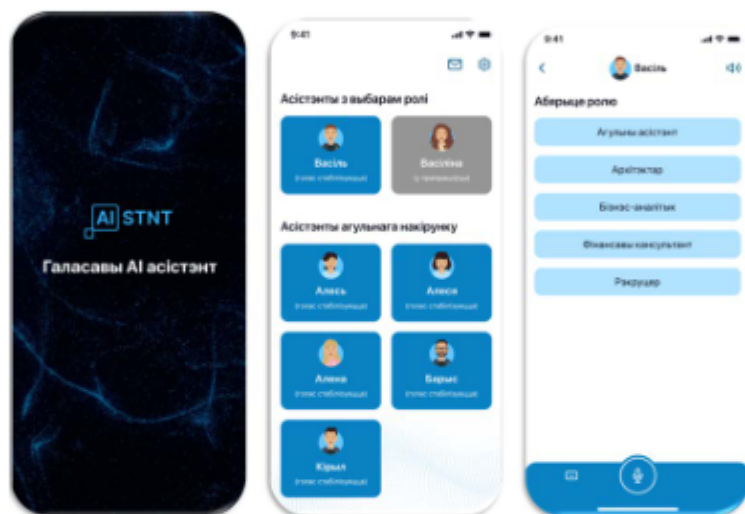
### Галасавы AI-асістэнт па-беларуску

Ужо добра вядомы такія галасавыя пытална-адказныя сістэмы, як Chat GPT-4, Midjourney, Google Gemini, GPT Yandex, якія апрацоўваюць запыты на розных мовах за выключэннем беларускай. Для беларускамоўных носьбітаў лабараторыяй распазнавання і сінтэзу маўлення Аб'яднанага інстытута праблем інфарматыкі НАН Беларусі [1] распрацавана інтэрактыўная платформа *AI-асістэнт* [2], якая змяшчае пяць беларускамоўных пытална-адказных асістэнтаў жаночага і мужчынскага полу. Кожны галасавы асістэнт пабудаваны з выкарыстаннем тэхналогіі распазнавання і сінтэзу маўлення, машыннага перакладу і дыялогавых сістэм. Канцэпцыя распрацоўкі грунтуецца на выдачы эфектыўнага і простага ў выкарыстанні механізму прадстаўлення агульнай інфармацыі і вырашэння праблем карыстальнікаў на беларускай мове. AI-асістэнты дазваляюць карыстальнікам вусна ці ў тэкставай форме задаваць пытанні і атрымліваць абгрунтаваны гукавы (надрукаваны) адказ хутка, з высокімі якасцю і дакладнасцю.

Галасавыя памочнікі даступны на афіцыйным сайце платформы, інтэрфейс якой прадстаўлены на беларускай, англійскай, рускай і кітайскай мовах [3]. Там можна абраць асабістага віртуальнага суразмоўцу (Ales, Alesia, Alesia, Boris, Kiryl) і паразмаўляць у Інтэрнэце, абраўшы вэб-версію, ці на смартфоне, усталяваўшы прыкладанне на аперацыйныя сістэмы Android ці iOS. Пытална-адказныя сістэмы таксама даступны ў выглядзе аднаіменных чат-ботаў у мэсанджары Тэлеграм. Пачынаючы працу, карыстальнік выбірае зручную версію, пасля чаго перанакіроўваецца на тую платформу, якую абраў, і ўводзіць запыт. Акрамя таго, у тэлеграм-канале можна паразмаўляць з чат-ботамі (Vasil, Vasilina), якія вузка накіраваны на розныя сферы дзейнасці (асістэнт агульнага профілю, архітэктар, бізнес-аналітык, фінансавы кансультант, рэкруцер, кіраўнік праекта, юрысконсульт, маркетолог, інжынер, праграміст, настаўнік і пісьменнік). Галоўная асаблівасць усіх галасавых памочнікаў заключаецца ў выдачы тэкставых ці гукавых адказаў толькі на беларускай мове, у той час як тэкставыя запыты могуць быць адпраўлены на іншай мове. Галасавыя запыты таксама распазнаюцца толькі на беларускай мове.

На сённяшні дзень вядуцца распрацоўкі мабільных прыкладанняў для iOS і Android-версій (мал. 1). Працэс іх стварэння складаўся з некалькіх этапаў: зацвярджэнне дызайн-канцэпцыі прыкладання і яго функцыянальных асаблівасцяў; праца над сервернай часткай; непасрэдная рэалізацыя праекта. Важна адзначыць, што каманда актыўна абмяркоўвала і прымала

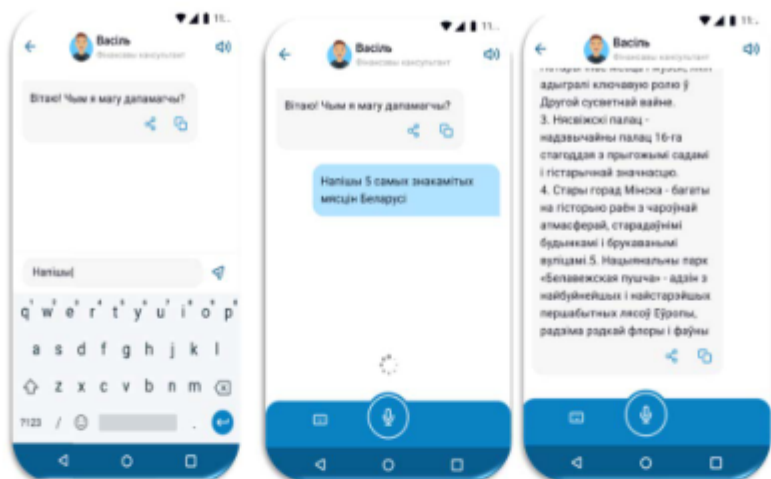
ўзважання рашэнні, якія спрыялі поспеху праекта. Так, напрыклад, праект распрацоўкі мабільнага прыкладання iOS рэалізаваны на мове *Swift* з выкарыстаннем фрэймворка *UIKit*, што ўяўляе сабой якаснае спалучэнне тэхнічных рашэнняў і дызайнерскай канцэпцыі. Тэхнічныя інструменты ўключаюць у сабе бібліятэку *Message Kit* для стварэння функцыянальнага чата, а таксама інтэграцыю метадаў з натывунай бібліятэкі *AVFoundation* для бездакорнай працы з аўдыяфайламі. Для пабудовы інтэрфейсу быў абраны клас *UICollectionView*.



Мал. 1. iOS-версія галасавых AI-асістэнтаў

Мова напісання Android-версіі – *Kotlin*. Таксама былі выкарыстаны такія тэхналогіі, як *Android Architecture*, *MVVM Architecture (using ViewModels)*, *WorkManager*, *Kotlin coroutines*, *Java Threads*, *OkHttp*, *SQLite database (Room technology)*, *Canvas*.

Прыкладанні працуюць наступным чынам. На першай старонцы загрузаецца лагатып або стартавае відэа, далей карыстальнік можа перайсці да экрана налад ці кантактаў (мал. 2). Каб абраць дыктара, карыстальнік павінен націснуць на картку дыктара, далей адкрываецца акно чату. У ім чат-бот вітае карыстальніка, пасля чаго другі ўводзіць тэкставы ці галасавы запыт. Пасля ўводу запыта ён не можа ўвесці яшчэ адзін запыт, пакуль не атрымае адказ ад бота. Пасля генерацыі адказа сістэма аўтаматычна агучвае паведамленне голасам абранага дыктара.



Мал. 2. Выкарыстанне галасавога AI-асістэнта Васіля ў Android-версіі

Трэба адзначыць, што галасавыя асістэнты пабудаваны на аснове тэхналогій распазнавання і сінтэзу маўлення, распрацаваных у лабараторыі распазнавання [4] і сінтэзу маўлення [5], якія змешчаны ў адкрытым доступу на платформе для апрацоўкі тэкставай і гукавой інфармацыі для розных тэматычных даменаў [corpus.by](http://corpus.by) [6].

### **Інфармацыйна-аналітычны цэнтр бесперапыннага аўтаматызаванага маніторынгу рэдкіх, пагражальных і індыкатарных відаў жывёл (птушак)**

Да тэхналогій аўтаматычнай апрацоўкі і аналізу маўлення таксама адносяцца сістэмы распазнавання галасоў птушак, якія выкарыстоўваюць камп'ютарныя алгарытмы для вызначэння і ідэнтыфікацыі гукаў. Гэтая тэхналогія імітуе здольнасць чалавека распазнаваць і вызначаць галасы птушак. Аўтаматычнае распазнаванне галасоў птушак шырока ўжываецца ў навуковых даследаваннях, маніторынгу біразнастайнасці і ацэнцы экалагічнага стану асяроддзя, для чаго быў распрацаваны інфармацыйна-аналітычны цэнтр (ІАЦ) бесперапыннага аўтаматызаванага маніторынгу рэдкіх, пагражальных і індыкатарных відаў жывёл (птушак) Рэспублікі Беларусь [7].

Падставай для яго стварэння з'яўляецца выкананне мерапрыемства 22.6.1.2 «Распрацоўка тэхналогіі аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл для ажыццяўлення аўтаномнага бесперапыннага маніторынгу рэдкіх, пагражальных і індыкатарных відаў і стану біразнастайнасці ў лясных экасістэмах» Дзяржаўнай праграмы «Навукова-інавацыйная дзейнасць Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» падпра-



грамы 6 «Інфраструктура і тэхналогіі для забеспячэння адаптацыі лясных экасістэм да неспрыяльных умоў» на 2021–2025 гады. Мэта праекта заключаецца ў забеспячэнні аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл (птушак) у рэжыме доўгачасовага кругласутачнага і кругласезоннага маніторынгу відавой разнастайнасці жывёл у абраных месцапражываннях і экасістэмах.

У рамках праекта распрацоўкі ІАЦ ставяцца наступныя задачы:

1) стварэнне праграмнага асяроддзя для аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл на аснове выкарыстання распрацаванай камп'ютарнай мадэлі навучання;

2) назапашванне гукавых запісаў для базы даных з даступных і ўласных крыніц;

3) анатаванне галасавых запісаў жывёл у мэтах стварэння і наступнага паляпшэння мадэлі аўтаматызаванага распазнавання;

4) тэсціраванне вэб- і мабільных прыкладанняў распазнавання галасоў жывёл;

5) перадача сабранай інфармацыі па відавой разнастайнасці і колькасці жывёл з мэтавых месцапражыванняў для ажыццяўлення мерапрыемстваў па захаванні рэдкіх, пагражальных і індыкатарных відаў у лясных экасістэмах.

Для распрацоўкі макетнага ўзору выкарыстоўвалася мадэль распазнавання, пабудаваная на падставе сучаснай скруткавай сеткі *EfficientNetB3* з аптымізатарам *Адама* (*Adam optimizer*), катэгарыяльнай функцыяй страт перакрываючай энтрапіі (*categorical cross-entropy loss function*) і збалансаванымі вагамі класаў, а таксама яшчэ тры слаі (*Flatten, Dropout, Dense* з функцыяй *softmax* у якасці выхада) для пабудовы сеткі CNN [8]. Асноўнай задачай *EfficientNet* з'яўляецца дэталёвае тэсціраванне таго, як эфектыўна маштабіраваць памер скруткавых нейронных сетак. Напрыклад, можна павялічыць *ConvNet* на аснове шырыні слаёў, глыбіні слаёў, памер уваходнага малюнка або камбінацыі ўсіх гэтых параметраў.

Масіў даных электронных карпусоў галасавых сігналаў створаны на падставе ўзораў аб'яднаных карпусоў запісаў клічаў і спеваў птушак з адкрытых крыніц і даных, падрыхтаваных супрацоўнікамі НПЦ НАН Беларусі па біярэсурсах. Такім чынам было атрымана больш за 38 000 анатацый для 99 відаў птушак. Пабудова сістэмы распазнавання галасавых сігналаў заснавана на аналізе спектраграмы – візуальнай рэпрэзентацыі частот сігнала на працягу часу. Сутнасцю спектраграмы з'яўляецца візуалізацыя мноства частот на адным графіку, у процілегласць санаграмы, дзе адлюстроўваецца толькі амплітуда сігнала. Шкала Mel – шкала вышынні гукаў, якія знаходзяцца на аднолькавай дыстанцыі для слухача. Яна ўлічвае асаблівасці чалавечага слуха. Камбінацыя спектраграмы і санаграмы ўтва-

рае мадыфікаваную спектраграму (mel-frequency cepstrum, MFCC), яна адсейвае частоты гукаў, якія чалавек не чуе, і пакідае самыя характэрныя. Прааналізаваўшы Mel-спектраграму гукаў птушкі, камп'ютарная мадэль вылучае спецыфічныя характарыстыкі апрацаваных даных, падае іх на ўваход глыбокай нейроннай сеткі і выдае набор верагоднасцяў, якія адпавядаюць выяве, а яна належыць кожнаму з класаў птушак. Клас з найбольшай з атрыманых верагоднасцяў і ёсць вынік працы мадэлі. Дакладнасць мадэлі распазнавання пры тэставанні знаходзіцца ў дыяпазоне ад 60 да 90 % у залежнасці ад віда.

На сённяшні дзень распрацаваны мадэль распазнавання галасоў птушак, алгарытм аўтаматызаванай разметкі галасавых сігналаў і прататып эксперыментальнага праграмнага забеспячэння ІАЦ бесперапыннага аўтаматызаванага маніторынгу. Пазнаёміцца з вынікамі праекта можна на афіцыйным сайце цэнтра [7]. Трэба зарэгістравацца, увайсці ў свой акаўнт, загрузіць аўдыяфайл з вашага камп'ютара, запусціць службу распазнавання і атрымаць вынікі апрацоўкі з указаннем віда птушак і назвы канкрэтнай асобіны. Таксама ў актыўнай распрацоўцы мабільныя версіі прыстасавання для Android iOS-платформ, якія ў хуткім часе можна будзе спампаваць у мабільных маркетах.

### Заклучэнне

Тэхналогіі аўтаматычнага аналізу і апрацоўкі маўлення з прымяненнем ШІ паляпшаюць магчымасці камп'ютараў у разуменні і апрацоўцы вуснага маўлення, пашыраюць спектр ужыванняў і палягчаюць узаемадзеянне не толькі паміж людзьмі і сучаснымі тэхналогіямі, але і жывёламі і птушкамі.

Прымяненне пытальна-адказных сістэм *AI-асістэнт* мае шырокі спектр магчымасцяў. Іх прымяненне актуальна ў розных сферах дзейнасці дзякуючы здольнасці забяспечваць эфектыўны і хуткі пошук інфармацыі на беларускай мове. Апрацоўка велізарных аб'ёмаў даных з выдачай дакладных адказаў робяць іх больш перспектыўнымі тэхналогіямі ў параўнанні з ручным метадам пошуку, эканомячы час і намаганні карыстальнікаў, якія аддаюць перавагу зносінам і камунікацыі на беларускай мове.

ІАЦ бесперапыннага аўтаматызаванага маніторынгу рэдкіх, пагражальных і індыкатарных відаў птушак дазваляе аўтаматызаваць працэс ідэнтыфікацыі птушак і збіраць вялікія аб'ёмы даных аб размеркаванні і паводзінах птушак. Алгарытм аўтаматычнага распазнавання іх галасоў заснаваны на аналізе гукавых спектраў, якія прадстаўляюцца ў выглядзе частотных характарыстык гуку. Гукі птушак запісваюцца з дапамогай мікрафонаў і апрацоўваюцца праграмным забеспячэннем, якое параўноўвае спектры гукаў з базай даных ужо вядомых галасоў птушак на аснове нейронных

сетак. Падобныя галасы супастаўляюцца, і праграма вызначае, да якога віду птушкі належыць запіс. Аднак аўтаматычнае распазнаванне галасоў птушак усё яшчэ з'яўляецца складанай задачай, так як розныя віды птушак маюць падобныя галасавыя характарыстыкі або праяўляюць разнастайнасць у сваіх галасах у залежнасці ад полу, узросту і кантэксту. Таму развіццё гэтай тэхналогіі патрабуе пастаяннага ўдасканалення і абнаўлення алгарытмаў. Тым не менш мадэль аўтаматычнага распазнавання галасоў птушак ужо паспяхова выкарыстоўваецца для даследавання міграцыйных маршрутаў, вывучэння ўплыву навакольнага асяроддзя на птушак і ацэнкі стану птушых папуляцый.

### Спіс выкарыстаных крыніц

1. Лабараторыя распазнавання і сінтэзу маўлення [Электронны рэсурс]. – 2023. Рэжым доступу: <http://ssrlab.by/>. – Дата доступу: 11.06.2023.
2. Беларускаямоўная галасавая пытална-адказная сістэма / Ю. Гецэвіч [і інш.] // *Навука і інновации*. – 2023. – № 7 (245). – С. 13–16.
3. Галасавыя пытална-адказныя сістэмы [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://asistent.by/>. – Дата доступу: 21.06.2023.
4. Трафімаў, А. С. Аўтаматычнае пераўтварэнне беларускага маўлення ў тэкст / А. С. Трафімаў, Ю. С. Гецэвіч // Доклады XXI Междунар. науч.-техн. конф. «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2022)», Минск, 17 ноября 2022 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2022. – С. 241–245.
5. Комплекс сродкаў рэалізацыі задач штучнага інтэлекту для беларускай мовы / Ю. С. Гецэвіч [і інш.] // Первая выставка-форум IT-академграда «Искусственный интеллект в Беларуси», Минск, 13–14 октября 2022 г. : сб. докл. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2022. – С. 64–73.
6. Компьютерная платформа для обработки электронного текста и речи на белорусском, русском и английском языках / Ю. С. Гецевич [и др.] // *Речевые технологии*. – 2021. – № 1–2. – С. 37–46.
7. Інфармацыйна-аналітычны цэнтр бесперапыннага аўтаматызаванага маніторынгу рэдкіх, пагражальных і індыкатарных відаў жывёл (птушак) [Электронны рэсурс]. – Рэжым доступу: <https://bird-voice-iac.ssrlab.by/>. – Дата доступу: 06.08.2023.
8. Developing Birds Sound Recognition System Using an Ontological Approach / Y. Zianouka [et al.] // *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: Research Papers Collection*. – Minsk : BSUIR, 2023. – Iss. 7. – P. 165–170.