



БЕЛАРУСКАМОЎНАЯ
ГАЛАСАВАЯ
СІСТЭМА

13

ОНТОГЕНЕЗ
БЕЛОРУССКОЙ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

20

КОНЦЕПЦИЯ
КУЛЬТУРНОГО
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

27

КЛИМАТИЧЕСКИЕ
КАПРИЗЫ:
НОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

38

Наука и инновации

№7 (245)
ИЮЛЬ 2023

научно-
практический
журнал



НЕЙРО-
ЛИНГВИСТИКА
как это работает

ISSN 1818-9857



9 771818 985001 07

ISSN 2412-9372 (online)

ЛАБАРАТОРЫЯ

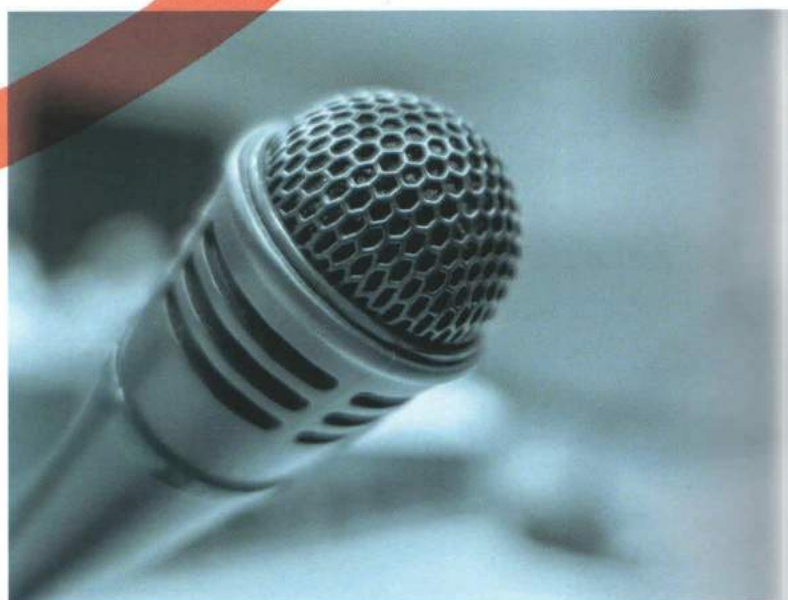
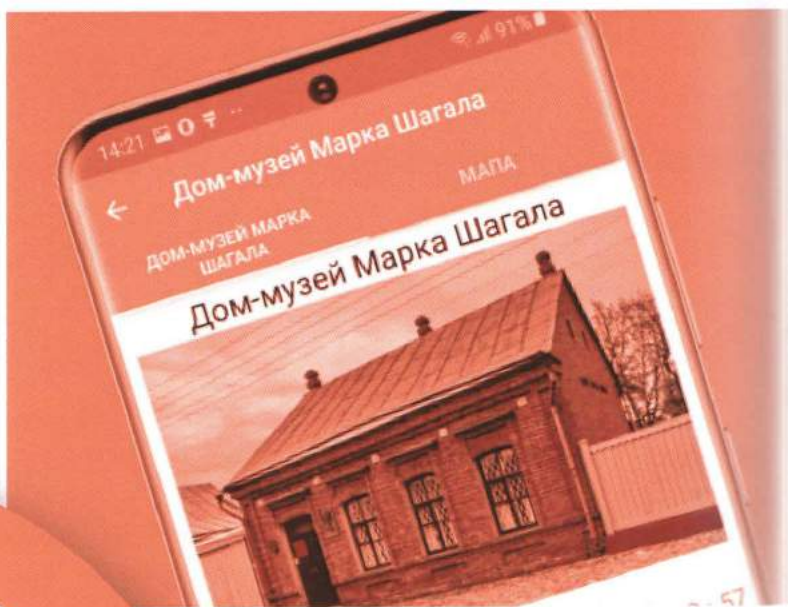
РАСПАЗНАВАННЯ

І СІНТЭЗУ МАЎЛЕННЯ

АБ'ЯДНАНАГА ІНСТЫТУТА

ПРАБЛЕМ ІНФАРМАТЫКІ

НАН БЕЛАРУСІ



 <http://ssrlab.by>



KrokApp

KrokApp – персанальны аўдыягід па Беларусі

KrokApp – ІТ-платформа, якая пераўтварае краіну ў вялікі «разумны дом» – зразумелы, дынамічны, сучасны. Тут сабраныя цікавыя факты пра больш за 70 гарадоў Беларусі. Кантэнт на трох мовах – беларускай, англійскай, рускай. Маецца прататып для чэшскай і кітайскай моў.



krokkapp.by
krokkapp.com



contact@krokkapp.com



bird voice

Інфармацыйна-аналітычны цэнтр бесперапыннага аўтаматызаванага маніторынгу

Прызначаны для забеспячэння аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл (птушак) у абраных месцапражываннях і экасістэмах.



<https://bird-voice-iac.ssrlab.by/>



contact@ssrlab.by



computational
text speech
platform

corpus.by

Corpus.by – інтэрнэт-платформа па апрацоўцы тэксту, маўлення і іншых даных

Прадстаўляе 74 сэрвісы для праграмістаў, лінгвістаў, філолагаў, студэнтаў, выкладчыкаў. Платформа забяспечвае просты і ўстойлівы доступ да сродкаў і інструментаў апрацоўкі электроннага тэксту і маўлення для аналізу, даследавання або аб'яднання такіх набораў даных на беларускай, рускай і англійскай мовах.



<https://corpus.by/>



contacts@corpus.by



Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации №388 от 18.05.2009 г.

Учредитель:

Национальная академия наук Беларуси

Редакционный совет:

В.Г. Гусаков – председатель совета	А.Е. Дайнеко
П.А. Витязь – зам. председателя	А.И. Иванец
С.А. Чижик – зам. председателя	Н.С. Казак
Ж.В. Комарова	А.В. Кильчевский
В.Ф. Байнев	Э.И. Коломиец
О.Ю. Баранов	С.А. Красный
А.И. Белоус	М.В. Мясникович
В.Г. Богдан	О.Г. Пенязьков
С.В. Гапоненко	Ф.П. Привалов
В.Л. Гурский	С.П. Рубникович
	О.О. Руммо
	С.В. Харитончик
	И.П. Шейко
	А.Г. Шумилин
	С.С. Щербakov

Главный редактор:
Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович	Татьяна Жданович
Наталья Минакова	Юлия Василишина

Дизайн и верстка:
Алексей Петров

Адрес редакции:

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.
Тел.: (017) 351-14-46,
e-mail: nii2003@mail.ru,
www.innosfera.belnauka.by

Подписные индексы:

007 532 (ведомственная)

00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 9,8. Тираж 513 экз.

Цена договорная.

Подписано в печать 14.07.2023.

Издатель: РУП «Издательский дом «Беларуская навука». Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013. г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №148.

© «Наука и инновации»

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламных объявлений редакция ответственности не несет.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Содержание

Новости науки и техники

ТЕМА НОМЕРА: НЕЙРОЛИНГВИСТИКА

Светлана Пашкевич

Нейролингвистика на стыке наук

Представлены основные направления нейролингвистических исследований.

Проанализировано влияние нейролингвистического программирования на сознание людей, описаны области применения нейролингвистики и софрологии.

Юрась Гецэвіч, Яўгенія Зяноўка, Вольга Дыдо,

Максім Люціч, Марыя Павуціна

Беларускамоўная галасавая пыталына-адказная сістэма

Разглядаецца набор галасавых пыталына-адказных сістэм, якія змешчаны на платформе «AI-асістэнт», распрацаваных камандай лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення Аб'яднанага інстытута праблем інфарматык НАН Беларусі.

Людмила Козловская

Оговорка как речемыслительный феномен

В рамках системы речевых нарушений проанализированы

с точки зрения нейролингвистики аспекты речемыслительного феномена – оговорок.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАДИГМЫ РАЗВИТИЯ

Виталий Калининвич

Онтогенез белорусской экономической модели

Представлен краткий обзор истории становления и последующего развития модели экономического базиса белорусского социума с момента обретения республикой независимости и до наших дней.

Валерий Максимович

Философско-методологические основания концепции культурного импортозамещения

Обоснована необходимость подготовки стратегии духовно-культурного развития Беларуси, принципов и форм государственного управления в области национальной культуры.

ЦИФРОВАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Екатерина Москвитина, Юлия Пронузо

Активизация инновационной деятельности и цифровой трансформации промышленных предприятий в России и Беларуси

Определены стратегические ориентиры инновационного развития

Российской Федерации и Республики Беларусь, показана необходимость расширения масштабов внедрения технологий Индустрии 4.0 на промышленных предприятиях.

УГОЛ ЗРЕНИЯ

Ирина Емельянович

Климатические капризы: новая реальность

В формате круглого стола рассмотрена проблема изменения климатического фона и предложены пути ее решения.

Беларускамоўная галасавая пытальна-адказная сістэма

Юрась Гецэвіч,

загэдчык лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення АІПІ НАН Беларусі, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт

Яўгенія Зяноўка,

малодшы навуковы супрацоўнік лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення АІПІ НАН Беларусі

Вольга Дыдо,

стажор малодшага навуковага супрацоўніка лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення АІПІ НАН Беларусі

Максім Люціч,

аператар ПЭВМ лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення АІПІ НАН Беларусі

Марыя Павуціна,

стажор малодшага навуковага супрацоўніка лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення АІПІ НАН Беларусі

У сучасным інфармацыйным асяроддзі найбольш перспектыўнымі напрамкамі навуковых даследаванняў штучнага інтэлекту з'яўляюцца аўтаматычная апрацоўка тэкстаў на натуральнай мове, сістэмы сінтэзу і распазнавання маўлення, машыннае навучанне. Камбінацыя дадзеных тэхналогій адкрывае магчымасць стварэння разнастайных праграм, у тым ліку пытальна-адказных, ці галасавых асістэнтаў (ад англ. Question Answering Systems). Гэта інфармацыйная сістэма, здольная прымаць пытанні і выдаваць асэнсаваны адказ. На сённяшні дзень рынак камп'ютарных праграм прадстаўляе вялікі шэраг галасавых асістэнтаў, якія запатрабаваны для розных мэт і шырокай сферы прымянення. Усім ужо вядомыя Siri, Google Assistant (Google Now), Amazon

Alexa, Microsoft Cortana, Vixby, Voice Mate, Аліса, Маруся, Дуся, Салют, якія падтрымліваюць розныя мовы, за выключэннем беларускай. Таму для беларускамоўных носьбітаў каманда лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення Аб'яднанага інстытута праблем інфарматыкі (АІПІ) НАН Беларусі [1] распрацавала набор галасавых пытальна-адказных сістэм, якія змешчаны на платформе «АІ-асістэнт» (мал. 1) [2]. З дадзенымі галасавымі асістэнтамі можна паразмаўляць па-беларуску.

Мэтай распрацоўкі асістэнтаў з'яўляецца забеспячэнне эфектыўнага і простага ў выкарыстанні механізма прадстаўлення агульнай інфармацыі і рашэння пытанняў карыстальнікаў на беларускай мове. Пытальна-адказная сістэма «Галасавы АІ-асістэнт» дазваляе карыстальніку голасам ці ўводам тэксту з клавіятуры задаць пытанне на беларускай мове і атрымаць на яго гукавы ці надрукаваны адказ. За кошт выкарыстання штучнага інтэлекту яна дае магчымасць атрымаць хуткія, якасныя і дакладныя адказы па розных тэмах. У выніку штодзённага навучання галасавы асістэнт можа



Мал. 1. Інтэрфейс афіцыйнага сайту пытальна-адказных сістэм

як весці гаворку па навуковых тэмах, так і зрабіць забаўляльныя прапановы.

Працэс функцыянавання любой пытальна-адказнай сістэмы адбываецца ў некалькі этапаў:

- *аналіз запыту, уведзенага карыстальнікам. Пры гэтым уводзіцца пытанне на натуральнай мове, пасля чаго ажыццяўляецца першасная апрацоўка і фармалізацыя сказа рознымі аналізатарамі (сінтаксічным, марфалагічным, семантычным). Сістэма вызначае яго адпаведныя атрыбуты для далейшага іх выкарыстання;*
- *пошук і аналіз інфармацыі (сістэма шукае дакументы і іх фрагменты, у якіх можа знаходзіцца адказ на зыходнае пытанне);*
- *вывад адказу: сістэма выцягвае з тэкставых дакументаў або іх фрагментаў словы, сказы або ўрыўкі тэксту, якія патэнцыйна могуць адпавядаць запыту, і выдае адказ карыстальніку.*

Пералічаныя этапы рэалізаваны ў беларускамоўных пытальна-адказных сістэмах, якія пабудаваны з дапамогай тэхналогій распазнавання і сінтэзу маўлення, машынага перакладу і дыялогавых сістэм (мал. 2). Каб пачаць дыялог з асістэнтам, можна запісаць галасавое паведамленне ці ўвесці тэкст з клавіятуры. Для апрацоўкі вымаўленага пытання выкарыстоўваецца пабудаваная сістэма распазнавання беларускага маўлення (БСРМ) высокай якасці, заснаваная на end-to-end архітэктурой з выкарыстаннем глыбокага навучання. Яна змешчана на платформе Hugging Face [3], якая дазваляе карыстальнікам ствараць і абмень-

вацца мадэлямі машыннага навучання і наборамі даных. Для распрацоўкі БСРМ быў сабраны вялікі корпус начытаных тэкстаў на беларускай мове. Агульная працягласць аўдыязапісаў складае 987 гадзін, у іх агучванні прынялі ўдзел 6160 дыктараў. Гэта першы з падобных датасэтаў такога памеру для беларускай мовы. Высокая варыятыўнасць сабраных даных як адносна дыктараў (пол, узрост, тэмп маўлення, іншыя асаблівасці), так і адносна ўмоў запісаў (розныя мікрафоны, наяўнасць фонавага шуму і інш.) дазволіла навучыць сістэму распазнавання маўлення працаваць ва ўмовах, набліжаных да тых, з якімі ёй давядзецца мець справы ў штодзённым жыцці. Мадэль распазнавання маўлення была навучана на сучаснай глыбокай нейрасеткавай архітэктурой Whisper. Яе асаблівасцю з'яўляецца пераднавучанне на корпусе неанатаваных даных (у рэжыме без настаўніка) для вывучэння спосабаў якаснага вылучэння прыкмет па ўваходным аўдыязапісе. Атрыманыя дадзеныя выкарыстоўваюцца для далейшых падзадач: напрыклад, для давуучвання мадэлі пераўтвараць маўленне ў тэкст. У якасці пераднавучанай мадэлі была абраная openai/whisper-small. Канчатковы вынік навучання сістэмы нейроннымі сеткамі складае WER 0,679 (або 6,79%), што з'яўляецца даволі добрым для мадэляў распазнавання [4]. Так, напрыклад, цяперашняе найлепшае значэнне test WER для нямецкага датасэту Common Voice роўнае 5,7%.

На наступным этапе адбываецца апрацоўка запыту тэкставым працэсарам, дзе сістэма аналізуе тэкст. Важна правільна

распазнаць не толькі вымаўленыя словы, але і лікі, абрэвіятуры, скарачэнні і тыя словы, якія карыстальнік прамовіў недакладна ці невыразна. За гэта адказвае блок камп'ютарнай апрацоўкі запыту. Далей ён перадаецца ў блок моўнай мадэлі генерацыі адказаў, якая можа ўяўляць сабой калекцыі пытанняў і адказаў, дакументаў, у якіх адбываецца пошук, ці, напрыклад, web-пошук у інтэрнэт-прасторы. Для беларускамоўных пытальна-адказных сістэм выкарыстоўваецца моўная мадэль ChatGPT-3,5, для трэніроўкі якой ужываюцца метады навучання з настаўнікам і з падмацаваннем. GPT з'яўляецца серыяй моўных мадэляў, распрацаваных кампаніяй OpenAI. Мадэль папярэдне навучана на велізарных наборах тэкставых даных. Дзякуючы гэтаму GPT можа генераваць тэкст, які мае сэнс, выкарыстоўвае правільную граматыку і структуру сказаў. Сістэма здольна адаптавацца да розных стыляў напісання і фарматаў (артыкулы, дыялогі, справаздачы і г.д.). ChatGPT адсочвае стан карыстальніка, запамінаючы папярэдняе пытанні і адказы, прыведзеныя ў той жа размове. У спробе прадухіліць выдачу абразлівых выказаў у ChatGPT запыты фільтруюцца праз API-мадэрацыі, і ўсе непажаданыя падказкі адхіляюцца. Таму прадстаўленая сістэма з'яўляецца карысным інструментам пошуку і выдачы інфармацыі.

ChatGPT-3,5 падтрымлівае беларускую мову, але якасць адказаў не вельмі добрая. Для яе паляпшэння распрацаваны дадатковы блок машыннага перакладу, у якім усе запыты аўтаматычна перакладаюцца

на англійскую мову з дапамогай сістэмы Google Translate, потым перадаюцца ў моўную мадэль. Найбольш рэlevantны адказ, выдадзены моўнай мадэллю, зноў пераходзіць у блок машыннага перакладу, дзе на выхадзе прадстаўляецца ўжо беларускамоўны варыянт.

Апошнім крокам прадстаўлення дадзеных карыстальніку з'яўляецца пераўтварэнне тэкставай інфармацыі ў аўдыя-файл. Для гэтага выкарыстоўваецца беларускамоўная сістэма сінтэзу маўлення па тэксце (БССМТ), размешчаная ў адкрытым доступе на платформе Hugging Face [5]. Для стварэння якаснай акустычнай мадэлі быў выбраны вялікі агучны тэкставы корпус з інтэрнэт-сайтаў donar.by і Common Voice (каля 20 гадзін). З дапамогай нейронных сетак ажыццяўлялася трэніроўка і навучанне акустычнай базы. Такім чынам яна створана аўтаматычна і мае вельмі дакладныя вынікі. Аднак дадзены сінтэзатар вялікі па памеры, што можа зніжаць хуткасць падрыхтоўкі тэкставай інфармацыі. Таксама значным недахопам лічыцца адсутнасць апрацоўкі лікаў, лічбаў, дат і абрэвіятур. Для яго вырашэння выкарыстоўваецца дадатковы блок беларускамоўнага сінтэзатара маўлення па тэксце [6, 7], прадстаўленага на платформе для апрацоўкі тэкставай і гукавой інфармацыі розных тэматычных даменаў corpus.by [8]. Асабліваць гэтай мадэлі заключаецца ў прадстаўленні як сінтэзаванага маўлення, так і дадатковых прамежкавых вынікаў лінгвістычнага ўдасканалення ўваходнай інфармацыі. Так, напрыклад, карыстальнік можа пазнаёміцца з анатацыяй кож-



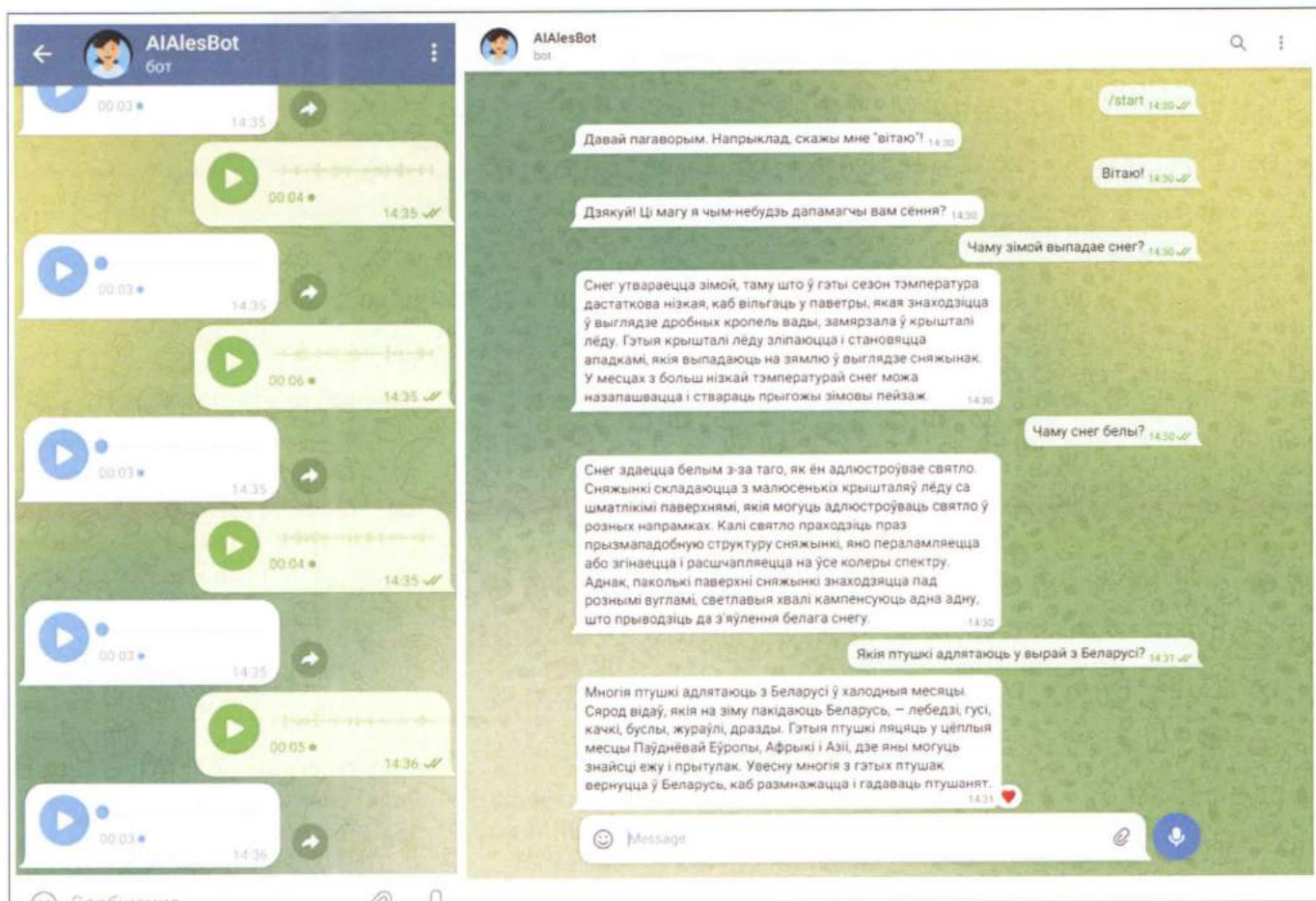
Мал. 2. Структура пытальна-адказных сістэм «Галасавы AI-асістэнт»

нага слова, знойдзенага сістэмай у тэксце; са спісамі слоў з прастаўленымі націскамі і тых, якія адсутнічаюць у базе даных сістэмы; амаграфамі, якія сустрэліся ў тэксце; спісам слоў у фанемным і алафонным выглядзе. Дадатковая функцыя сінтэзатара – генерацыя транскрыпцыі ўваходнага тэксту ў 4 фарматах: кірылічная, міжнародная (IPA), спрошчаная міжнародная і X-SAMPA. Дадзены сінтэзатар – мадэль кампілятыўнага сінтэзу, які ўяўляе сабой інтэграцыю маўлення шляхам канкатэнацыі запісаных узораў асобных алафонаў, вымаўленых дыктарам. Акустычная база даных складаецца з гукавых фрагментаў, якія ў працэсе апрацоўкі ўваходнай тэкставай інфармацыі аб'ядноўваюцца ў склады/словы/словазлучэнні і пераўтвараюцца ў гукавыя файлы. Гэты спосаб забяспечвае высокую якасць сінтэзуемага маўлення, паколькі дазваляе аднавіць форму натуральнага маўленчага сігналу. Галоўным недахопам апісанай сістэмы з'яўляецца штучнае, робатызаванае гучанне. Таму перавага аддадзена БССМТ, прадстаўленай на платформе Hugging Face з дабаўленнем дадатковага блоку тэкставай апрацоўкі лікаў, лічбаў, дат і скарачэнняў.

На бягучы момант галасавыя асістэнты даступны ў фар-

маце тэлеграм-ботаў (сем галасоў). Карыстальнік можа абраць любога асістэнта з прапанаваных на сайце asistent.by і пачаць з ім гутарку. Кожная пытальна-адказная сістэма мае імя і прыемны голас, што ачалавечвае яе, і ў карыстальніка з'яўляецца ўражанне размовы з рэальным суразмоўцам. Таксама галасавы асістэнт «Алесь» даступны праз тэлеграм-бот @AIAlesBot. Дадаткова вядуцца працы па распрацоўцы web-версіі.

На мал. 3 прадстаўлены дыялог чат-бота Алеся з карыстальнікам. Адметнасць сістэмы заключаецца ў магчымасці як вуснай камунікацыі, так і перапіскі з дапамогай клавiятуры. Сістэма якасна распазнае галасавыя і тэкставыя паведамленні і дае адказы на простыя абстрактныя пытанні, якія тычацца агульнапрынятых і вядомых фактаў. Часам узнікаюць праблемы падчас адказу на складаныя пытанні. Аднак дыялог сістэма вядзе без адхіленняў (падтрымлівае гутарку, адказвае на паслядоўныя пытанні). Таксама бот задае дадатковыя пытанні, каб працягнуць размову, напрыклад: «Чым я яшчэ магу дапамагчы?», «Калі ласка, звяртайцеся» і г.д. На кожнае паведамленне сістэма выдаткоўвае каля 10–20 сек., што даволі хутка.



Мал. 3. Дыялог з чат-ботам «Алесь» у Тэлеграме

Праект знаходзіцца ў актыўнай распрацоўцы, у межах якой плануецца рэалізаваць наступныя пункты:

- *распрацаваць версіі асістэнта для Web, IOS і Android дзеля больш зручнага карыстання;*
- *стварыць новую версію дызайну і лагатыпа афіцыйнага сайта;*
- *дадаць англійскую, рускую і кітайскую мовы інтэрфейса афіцыйнага сайта asistent.by;*
- *прапрацаваць некалькі «тыпажоў» для асістэнта згодна прадметнай накіраванасці, напрыклад «вучоны», «дызайнер», «бізнесмен» і інш.;*
- *сабраць водгукі ад карыстальнікаў пра вынікі працы сістэмы.*

Такім чынам, пабудова і выкарыстанне пытальна-адказных сістэм адыгрывае важную ролю ў развіцці мадэляў зносінаў чалавека і камп'ютара. Мадэляванне падобных праграм дазваляе пашырыць магчымасці зручнага прымянення камп'ютарных тэхналогій у паўсядзённым жыцці праз дыялог з машынай. Вялікая колькасць галасавых асістэнтаў сведчыць аб зацікаўленасці распрацоўшчыкаў новых метадаў і алгарытмаў для паляпшэння якасці сістэм, у тым ліку галасавых памочнікаў, на беларускай мове, што вельмі актуальна для нашага асяроддзя. Платформа «АІ-асістэнт» прадстаўляе шэраг беларускамоўных галасавых асістэнтаў, якія з'яўляюцца якаснымі суразмоўцамі і маюць шырокі патэнцыял прымянення. 

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Лабараторыя распазнавання і сінтэзу маўлення // <http://ssrlab.by/>.
2. Галасавыя пытальна-адказныя сістэмы // <https://asistent.by/>.
3. Ales/whisper-small-belarusian. Hugging Face // <https://huggingface.co/ales/whisper-small-belarusian>.
4. Трафімаў А.С. Аўтаматычнае пераўтварэнне беларускага маўлення ў тэкст / А.С. Трафімаў, Ю.С. Гецэвіч // XXI Міжнар. навук.-тэх. канф. «Развіццё інфарматызацыі і дзяржаўнай сістэмы навукова-тэхнічнай інфармацыі РІНТІ-2022» / АПІ НАН Беларусі; пад навук. рэд. С.В. Круглікава і інш. – Мінск, 2022. С. 241–245.
5. Bel-tts / Hugging Face // <https://huggingface.co/jh1frfufyfn/bel-tts>.
6. Сінтэзатар маўлення па тэксце // <http://corpus.by/TxtToSpeechSynthesizer/?lang=be>.
7. Ю.С. Гецэвіч. Комп'ютарная платформа для апрацоўкі электроннага тэкста і рэчы на беларускай, рускай і англійскай мовах / Ю.С. Гецэвіч і др. // Рэчывыя тэхналогіі. 2021. №1. С. 37–46.
8. Платформа для апрацоўкі тэкставай і гукавай інфармацыі для розных тэматычных даменаў corpus.by. 2022 // <http://corpus.by/>.