

Объединенный институт проблем информатики
Национальной академии наук Беларуси

XXI Международная
научно-техническая конференция

**РАЗВИТИЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

РИНТИ-2022

17 ноября 2022 г., Минск

Доклады

Минск
ОИПИ НАН Беларуси
2022

Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2022) : доклады XXI Международной научно-технической конференции, Минск, 17 ноября 2022 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2022. – 408 с. – ISBN 978-985-7198-12-2.

Представлены доклады XXI Международной научно-технической конференции «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации» (РИНТИ-2022), Минск, 17 ноября 2022 г., в которых рассмотрены вопросы и перспективы формирования единого цифрового пространства научной отрасли, основные результаты научно-методического обеспечения развития информатизации в НАН Беларуси, проблемы и пути решения государственного суверенитета в цифровую эпоху, модернизация содержания и цифровая трансформация университетского ИТ-образования, сценарии развития цифровой экосистемы земельного администрирования в Беларуси, перспективы интеллектуальной собственности, передовых технологий и искусственного интеллекта в республике, страницы истории белорусской вычислительной техники и др.

Рассмотрены вопросы научно-методического, информационного, технологического и правового обеспечения цифровой трансформации, проектирования и внедрения автоматизированных систем научно-технической информации, библиотечно-информационных систем и технологий, публикационной активности ученых, а также направления развития искусственного интеллекта и когнитивных технологий в информатизации.

Материалы конференции будут полезны специалистам в области информационно-коммуникационных технологий, занимающимся научно-методическим обеспечением информатизации и решением задач построения ИТ-страны, цифровой экономикой, разработкой и внедрением автоматизированных информационных систем управления, систем научно-технической информации, автоматизированных библиотечно-информационных систем и технологий, а также развитием информационной инфраструктуры Беларуси и других стран, реализацией проектов государственных и отраслевых программ в сфере информатизации.

Одобрены программным комитетом и печатаются по решению редакционной коллегии Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси.

Научные редакторы:

доктор военных наук, кандидат технических наук, доцент С. В. Кругликов,
кандидат технических наук, доцент Р. Б. Григянец,
кандидат технических наук, доцент В. Н. Венгеров

МАДЭЛЬ БАЗ ДАНЫХ ДЛЯ ТЭХНАЛОГІІ АЎТАМАТЫЗАВАНАГА РАСПАЗНАВАННЯ ГАЛАСАВЫХ СІГНАЛАЎ ЖЫВЁЛ

С. А. Гайдурאַў, Д. І. Латышэвіч, А. А. Бакуновіч, Л. І. Кайгародава,
В. А. Хахлоў, Я. С. Зяноўка, Ю. С. Гецэвіч
Аб'яднаны інстытут праблем інфарматыкі НАН Беларусі, Мінск

Разледжана праблема распазнавання галасавых сігналаў птушак фаўны Беларусі. Для распрацоўкі дадзенага прыкладання створана і апісана структурная схема базы даных, прапанаваны мадэль і працоўны макет баз даных для ажыццяўлення аўтаномнага бесперапыннага маніторынгу рэдкіх відаў з пагрозамі, індыкатарных відаў і стану біразнастайнасці ў лясных экасістэмах.

Уводзіны

Ідэнтыфікацыя гукаў жывёл ва ўсёй іх дзікай прыгажосці – гэта вельмі складаная задача. З-за мноства варыяцый гукавых сігналаў розных відаў птушак узнікае праблема іх распазнавання. Зварот да спецыялістаў-арнітолагаў для пошуку і абзначэння той ці іншай пароды патрабуе шмат часу і намаганняў, што прыводзіць да ручной апрацоўкі аўдыяфайлаў. Гэтым даказваецца зацікаўленасць навукоўцаў у стварэнні сістэмы аўтаматызаванага распазнавання галасоў жывёл (на прыкладзе птушак) у цэлым.

На сённяшні дзень існуе шэраг якасных сэрвісаў і прылад па іх аўтаматычным распазнаванні. Гэта корпус даных Xeno-Canto, партал для навукавай, навучальнай і іншай дзейнасці Avibase, сайт eBird, партал iNaturalist, NIPS4B, Freefield, Warbl, Chernobyl Exclusion Zone Dataset, Macaulay Library. Аднак яны не пакрываюць усю фаўну Беларусі і дазваляюць знайсці толькі знаёмыя і распаўсюджаныя па ўсяму свету віды.

У рамках сумеснага праекту з Нацыянальным практычным цэнтрам НАН Беларусі па біярэсурсах «Распрацоўка тэхналогіі аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл для ажыццяўлення аўтаномнага бесперапыннага маніторынгу рэдкіх відаў з пагрозамі і індыкатарных відаў і стану біразнастайнасці ў лясных экасістэмах» супрацоўнікі лабараторыі распазнавання і сінтэзу маўлення Аб'яднанага інстытута праблем інфарматыкі НАН Беларусі (<https://ssrlab.by/>) стварылі прататып сістэмы аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл для ажыццяўлення аўтаномнага бесперапыннага маніторынгу рэдкіх відаў з пагрозамі, індыкатарных відаў і стану біразнастайнасці ў лясных экасістэмах. Актуальнасць стварэння такой сістэмы абумоўлена тым, што ўсе існуючыя распрацоўкі па распазнаванні відаў жывёл (птушак) не падыходзяць для птушак Беларусі, толькі некаторыя з іх здольны распазнаваць гукавыя сігналы відаў Еўропы, якія таксама закранаюць наш праект.

1. Найбольш распаўсюджаныя метады класіфікацыі гукавых запісаў

Падчас аналізу існуючых сістэм для распазнавання галасоў жывёл (на прыкладзе птушак) былі выяўлены два найбольш распаўсюджаныя метады класіфікацыі гукавых запісаў: *k*-бліжэйшых суседзяў і апорных вектараў.

Метад k-бліжэйшых суседзяў (*k* Nearest Neighbour) з асаблівасцямі, заснаванымі на гістаграмах, – алгарытм для аўтаматычнай класіфікацыі аб'ектаў [1]. Яго сутнасць у тым, што для навучання неабходна мець набор аб'ектаў, для якіх загадзя вызначаны

класы. Гэта мноства завецца навучальнай выбаркай, яе разметка вырабляецца ўручную з прыцягненнем адмыслоўцаў у доследнай вобласці. Дадатковыя асаблівасці гістаграм дазваляюць вырабляць выманне спектральных складнікаў навучальных даных для больш дакладнай класіфікацыі. Праблемай гэтага класіфікатара з'яўляецца хуткасць класіфікацыі: калі ў навучальнай выбарцы N аб'ектаў, у тэставай выбарцы M аб'ектаў, а памернасць прасторы – K , то колькасць аперацый для класіфікацыі тэставай выбарцы можа быць ацэнена як $O(K*M*N)$.

Метад *апорных вектараў* (Support Vector Machine, SVM) – алгарытм навучання з настаўнікамі для класіфікацыі аб'ектаў [2]. Ён засноўваецца на пошуку ўраўнення гіперплоскасці выгляду $w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n + w_0 = 0$, якая падзяляе дзве шматмерныя прасторы значэнняў (класаў) аптымальным чынам. Агульны выгляд пераўтварэння F аб'екту x у пазнаку класа Y :

$$F(x) = \text{sign}(wTx - b),$$

дзе $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ і $b = w_0$ – вагі функцыі. Пасля налады вагаў алгарытму w і b (навучання) усе аб'екты, якія трапляюць па адзін бок ад пабудаванай гіперплоскасці, будуць вызначаны як першы клас, а аб'екты, якія трапляюць па другі бок, – другі клас. Функцыя $\text{sign}()$ уяўляе сабой лінейную камбінацыю прыкмет аб'екта з вагамі алгарытму, што і вызначае алгарытм SVM-лінейным. Вагі ў ім наладжваюцца такім чынам, каб аб'екты класаў ляжалі як мага далей ад падзяляльнай гіперплоскасці. Іншымі словамі, алгарытм максімізуе зазор паміж гіперплоскасцю і аб'ектамі класаў, якія размешчаны бліжэй за ўсё да яе. Такія аб'екты называюць апорнымі вектарамі, што даюць назву алгарытму. Дадзеная класіфікацыя мае няўстойлівасць да шуму: выкіды ў навучальных даных становяцца апорнымі аб'ектамі-парушальнікамі і напрамую ўплываюць на будову падзяляльнай гіперплоскасці.

Зыходзячы з атрыманых даных параўнання метадаў, можна зрабіць выснову, што дакладнасць распазнавання алгарытму k -бліжэйшых суседзяў вышэй, чым дакладнасць метаду апорных вектараў, хоць яны абодва дасягнулі падобнай прадуктыўнасці. Такім чынам, фактарам паспяховасці сістэмы распазнавання галасавых сігналаў жывёл (на прыкладзе птушак) з'яўляецца дакладнасць. У рамках праекта аўтары збіраюцца палепшыць паказчык дакладнасці распазнавання за кошт павелічэння колькасці трэніровачных матэрыялаў і працяглага навучання сістэмы.

2. Распрацоўка баз даных для захавання галасавых сігналаў жывёл з даступных і ўласных крыніц

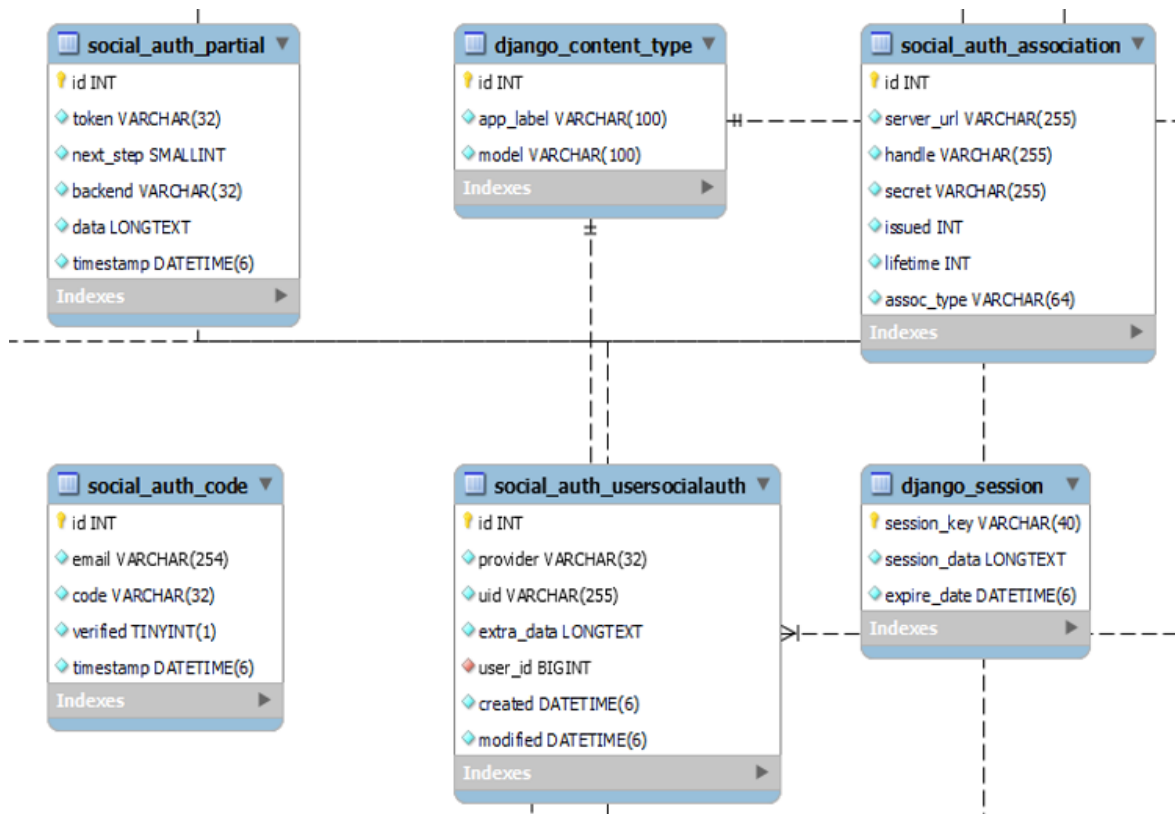
Для стварэння макета базы даных быў выкарыстаны тэхналагічны стэк Python 3.9 + Django 4.0 і MySQL. Асноўны кампанент макета, які змяшчае даныя, – гэта база даных MySQL (<https://www.mysql.com>). З дапамогай мовы праграмавання Python (<https://www.python.org>) ажыццяўляюцца розныя маніпуляцыі з данымі. У працы таксама выкарыстоўваўся фрэймворк Django (<https://www.djangoproject.com>), які дапамагае зрабіць вэб-прыкладанне больш зручнымі метадамі. Даныя з базы фільтруюцца, выводзяцца на старонкі вэб-сайта, доступ ажыццяўляецца з дапамогай сістэмы аўтэнтыфікацыі і іншых сэрвісаў. Такім чынам рэалізуецца дадатковы функцыянал вэб-макета акрамя непасрэдна захавання даных.

Фрагмент структурнай схемы базы даных праекта паказаны на мал. 1. Яна змяшчае набор табліц, большасць з якіх патрэбна для абслугоўвання дадатковых працэсаў у вэб-макете. На схеме біялагічныя даныя прадстаўлены ў пяці табліцах. Яны адлюстроўваюць асноўныя сутнасці, задзейнічаныя ў распазнаванні галасоў жывёл:

database_specie, *database_audio*, *database_specie_audios*, *database_qualitytag*, *database_user*.

Табліца *database_specie* адпавядае інфармацыі пра віды птушак, якія з’яўляюцца мэтавымі для распазнавання, і змяшчае наступныя палі:

- id – ідэнтыфікатар у базе даных;
- specie_name – назва віда;
- audios – аддызапісы ў базе даных, якія належаць да разглядаемага віда;
- description – апісанне віда (неабавязковае поле).



Мал. 1. Фрагмент структурнай схемы базы даных

Табліца *database_audio* змяшчае інфармацыю пра аўдыязапісы, сабраныя для распазнавання, і змяшчае наступныя палі:

- id – ідэнтыфікатар у базе даных;
- name – назва запісу;
- uploader – спасылка на карыстальніка макета, які дадаў запіс;
- audiorecord_local – спасылка на лакальную копію аўдыязапіса на серверы;
- audiorecord_xeno_santo – спасылка на копію аўдыязапіса на сервісы Xeno-Santo (неабавязковае поле);
- annotation_file – тэкставы файл анатацыі (неабавязковае поле);
- audio_quality_tag – спасылка на тэг якасці запісу;
- created_at – час дабаўлення запісу ў базе даных;
- updated_at – час змянення запісу ў базе даных;
- date_of_collection – час збора актуальнага аўдыя (калі было запісана);
- lat, lng – геаграфічная каардыната месца збора аўдыя (дзе было запісана).

Табліца *database_specie_audios* апісвае зносіны «многія да многіх» у базе даных паміж табліцамі *database_specie* і *database_audio*.

Табліца *database_qualitytag* адлюстроўвае інфармацыю пра так званыя тэгі якасці, якія пазначаюць якасць гука кожнага запісу. Яна змяшчае наступныя палі:

id – ідэнтыфікатар у базе даных;
name – імя тэга.

Табліца *database_user* перадае інфармацыю пра карыстальніка і змяшчае палі:

id – ідэнтыфікатар у базе даных;
password – пароль карыстальніка;
is_staff – ці з’яўляецца супрацоўнікам;
is_superuser – ці з’яўляецца суперкарыстальнікам;
is_active – ці з’яўляецца актыўным акаўнтам;
email – адрас электроннай пошты;
first_name – імя карыстальніка;
last_name – прозвішча карыстальніка;
username – псеўданім карыстальніка;
date_joined – дата рэгістрацыі.

3. Макетны ўзор базы даных для захоўвання галасавых сігналаў жывёл

На сённяшні дзень на аснове базы даных распрацаваны працоўны макет, які дазваляе дадаваць аўдыязапісы, праслухоўваць іх, дапаўняць неабходную інфармацыю (назва, тэкставы файл анатацыі, тэгі), глядзець, хто і калі дадаў (аднавіў) файл, выдаляць запісы з базы даных. Для карыстання патрэбна зарэгістраваць акаўнт ці ўвайсці ў існуючы (мал. 2).

The image shows two side-by-side form panels. The left panel is titled 'Log In' and contains fields for 'Имя пользователя*' (Username) and 'Password*', a 'Remember me' checkbox, a 'Log In' button, and links for 'Forgot your password?' and 'Sign in'. The right panel is titled 'Create an account' and contains a sub-header 'Please, sign up using the following form:', followed by fields for 'First name*', 'Last name*', 'Username*', 'Email*', 'Password1*', and 'Password2*', and a 'Create my account' button.

Мал. 2. Інтэрфейс галоўнай старонкі макета базы даных

Пасля ўваходу ў ўліковы запіс ці рэгістрацыі новага карыстальніку будуць даступны функцыянальныя палі базы даных (калекцыя аўдыязапісаў, статыстыка па тэгах, мапа з відамі птушак) і магчымасць дадаць новы аўдыязапіс. Макет базы даных змяшчае неабходныя калонкі для працы з аўдыязапісамі і дапрацоўваецца адпаведна прапановам для больш зручнага карыстання. Каб размячаць файлы было прасцей, у базе даных дабаўлена асобнае поле тэгаў, якое змяшчае назву віда птушкі на англійскай і лацінскай мовах, колькасць аўдыязапісаў, прыналежных да гэтага віду.

Мал. 3. Старонка функцыі распазнавання галасавых сігналаў птушак па аўдыязапісах

З мэтай адсочвання пагражальных і індыкатарных відаў птушак да базы даных была далучана мапа з прывязкай да відаў птушак ў базе. Дадатак выкарыстоўвае інтэрактыўныя мапы Google праз API. Таксама на дадзены момант у макеце маецца функцыя сістэмы распазнавання відаў птушак па аўдыязапісах (мал. 3).

Заклучэнне

Такім чынам, на дадзеным этапе распрацоўкі аўтаматызаванай сістэмы распазнавання галасоў птушак была створана і апісана структурная схема базы даных, падрыхтаваны мадэль і працоўны макет для ажыццяўлення аўтаномнага бесперапыннага маніторынгу рэдкіх відаў з пагрозамі, індыкатарных відаў і стану біязнастайнасці ў лясных экасістэмах. Нягледзячы на тое, што распрацоўка і выкарыстанне аўтаматызаванай сістэмы палягчае працэс распазнавання, сама сістэма мае праблемы дакладнасці распазнавання, якія плануецца выправіць у бліжэйшы час. Праграмае забяспечанне для вызначэння віду жывёл (на прыкладзе птушак) па галасавых сігналах грунтуецца на матэматычных мадэлях, якія пры недастатковай навучанасці могуць зрабіць вылічальную памылку па вызначэнні неабходнага біялагічнага віду.

Таму наступным этапам даследавання з'яўляецца дапрацоўка доследнага ўзору праграмага забеспячэння баз даных для захавання, выдачы і апрацоўкі галасавых сігналаў жывёл з даступных і ўласных крыніц пасля яго тэсціравання. Прадстаўлены рэсурсы прыдатны для шырокага выкарыстання ў навуковых і практыка-арыентаваных даследаваннях, якія патрабуюць апрацоўкі вялікіх аб'ёмаў даных на розных узроўнях.

Спіс літаратуры

1. Briggs, F. Audio Classification of Bird Species: A Statistical Manifold Approach / F. Briggs, R. Raich, X. Z. Fern // The Ninth IEEE Intern. Conf. on Data Mining, Miami, Florida, USA, 6–9 Dec. 2009. – Miami, 2009. – P. 51–60.
2. Stowell, D. Automatic large-scale classification of bird sounds is strongly improved by unsupervised feature learning / D. Stowell, M. D. Plumbley // PeerJ, Computational Science. – Vol. 4. – London : Centre for Digital Music, Queen Mary University of London, UK, 2014. – P. 28–59.

Сухоручкина И. Н. Мобильная связь в информатизации экономики и общества в Беларуси	218
Тарасенко С. Н., Рабушко К. А. Развитие средств защиты в автоматизированной системе информационного обеспечения научно-технической деятельности в НАН Беларуси.....	224
Турко В. А. Автоматизированная система сбалансированного развития многоотраслевого комплекса Союзного государства.....	227
Тыманович Н. А., Скудняков Ю. А. Микроконтроллерная система для мониторинга и управления процессами и объектами различного назначения	232
Гайдурэў С. А., Латышэвіч Д. І., Бакуновіч А. А., Кайгародава Л. І., Хахлоў В. А., Зяноўка Я. С., Гецэвіч Ю. С. Мадэль баз даных для тэхналогіі аўтаматызаванага распазнавання галасавых сігналаў жывёл	236
Трафімаў А. С., Гецэвіч Ю. С. Аўтаматычнае пераўтварэнне беларускага маўлення ў тэкст.....	241
Дудкин А. А., Воронов А. А., Ганченко В. В., Поденок Л. П. Программная система для экспериментального исследования способа анализа рельефа поверхностей разрушенных металлических оцифрованных деталей.....	246
Горбач Л. А. Использование цифровых технологий при заболеваниях органов дыхания.....	251
Коваленко Н. С., Венгеров В. Н. Методы синхронизации распределенных параллельных потоков обработки данных и программ.....	256
Шуть В. Н., Швецова Е. В. Сбор, обработка и анализ данных в городской пассажирской инфомационно-транспортной системе на базе беспилотных электрокаров	261
Сытова С. Н., Барткевич А. Р., Веренич К. А., Гавриловец В. В., Гурачевский В. Л., Дунец А. П., Коваленко А. Н., Поляк Н. И., Черепица С. В. Управление ядерными знаниями в системе научно-технической информации Республики Беларусь	265
Сытова С. Н., Гавриловец В. В., Дунец А. П., Коваленко А. Н., Черепица С. В. Белорусская специализированная информационная архивная онлайн-система ядерных знаний.....	270
3. БИБЛИОТЕЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ. ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ	
Максимцова Н. В. Стратегия поиска информации о сериальных изданиях в электронном каталоге ЦНБ НАН Беларуси.....	275