

Ewa Łukasik

Instytut Informatyki
Politechnika Poznańska
ORCID 0000-0003-3948-1406

Magdalena Chudy

Instytut Sztuki
Polska Akademia Nauk
ORCID 0000-0003-2395-3886

Ewa Kuśmierek

Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe
ORCID 0000-0003-2559-8291

Tomasz Parkoła

Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe
ORCID 0000-0003-4282-131X

POLSKA GRUPA DARIAH-PL MUSIC INFORMATION RETRIEVAL I JEJ PROJEKTY DLA MUZYKOLOGII CYFROWEJ

1. Wstęp

W 2018 roku została utworzona polska grupa robocza DARIAH-PL o nazwie Music Information Retrieval. Jej zespół badawczy tworzą przedstawiciele Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego (PCSS), Instytutu Sztuki PAN (ISPAN) oraz Instytutu Informatyki Politechniki Poznańskiej (IInPP).

Celem prac grupy było utworzenie platformy cyfrowej wyposażonej w nowoczesne narzędzia pozyskiwania, przetwarzania i wyszukiwania informacji muzycznej do badań interdyscyplinarnych, a w szczególności etnomuzykologicznych, oraz udostępnianie zbiorów polskiej muzyki tradycyjnej w postaci cyfrowej.

Na bazie oprogramowania bibliotek cyfrowych dLibra¹ powstało środowisko badawcze pod nazwą MIRELA² – Music Information Environment with dLibra. W ostatnich latach, dzięki realizacji finansowanych projektów, środowisko badawcze zostało wzbogacone o narzędzia łatwe do wykorzystania przez humanistów i otwierające nowe przestrzenie dla ich prac badawczych.

Partnerzy zrealizowali dotychczas trzy projekty. Celem projektu FBC-TeNe³, pod pełnym tytułem „FBC-TeNe: zwiększenie dostępności cyfrowych zasobów

¹ <https://dingo.psnc.pl/dlibra/> (dostęp: 10.04.2024).

² <https://mir-wg.dariah.pl/repo/dlibra> (dostęp: 10.04.2024).

³ <https://tene.fbc.pionier.net.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

nauki i kultury w Federacji Bibliotek Cyfrowych poprzez pozyskiwanie reprezentacji tekstowej i nutowej”, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa, było zwiększenie dostępności cyfrowych zbiorów polskich instytucji kultury i nauki poprzez rozbudowę serwisu Federacji Bibliotek Cyfrowych⁴ (FBC) w zakresie wyszukiwania obiektów cyfrowych na podstawie zawartości tekstowej i nutowej.

Projekt „Cyfrowa Infrastruktura Badawcza dla Humanistyki i Nauk o Sztuce DARIAH-PL”⁵ był finansowany w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020 działanie 4.2 4/4.2/2020. Celem Działania 4.2 było wsparcie wybranych projektów dużej, strategicznej infrastruktury badawczej o charakterze ogólnokrajowym lub międzynarodowym, znajdujących się na Polskiej Mapie Infrastruktury Badawczej⁶ oraz zapewnienie skutecznego dostępu do tej infrastruktury dla przedsiębiorców i innych zainteresowanych podmiotów.

Projekt FolkArtiNet⁷, sfinansowany przez konsorcjum DARIAH ERIC w ramach programu DARIAH Theme w tematyce „Sztuka, nauki humanistyczne i COVID-19” (ang. *Arts, Humanities and COVID-19*), pod ogólnym tytułem: „FolkArtiNet: Zespoły muzyki ludowej – ich działalność artystyczna i potrzeby infrastrukturalne w dobie pandemii COVID-19 i nie tylko” (ang. *FolkArtiNet: Folk music groups: their artistic practice and infrastructural needs in the COVID-19 era and beyond*), pozwolił na nawiązanie współpracy z artystami z zespołów muzyki i tańca tradycyjnego⁸.

W artykule zostanie przedstawiona charakterystyka działań grupy MIR oraz efekty projektów przez nią realizowanych, które w znaczący sposób mogą wpłynąć na kształt badań w zakresie muzykologii, a także rozszerzyć funkcje bibliotek muzycznych w erze cyfrowej.

2. Music Information Retrieval (MIR)

Music Information Retrieval oznacza dosłownie wyszukiwanie informacji muzycznej. Jest to interdyscyplinarna nauka o wydobywaniu informacji z cyfrowych plików muzycznych, a szerzej – o przetwarzaniu danych cyfrowych związanych z muzyką za pomocą technik informatycznych. Ze względu na swój nośny w znaczeniu i jednoznaczny akronim MIR, w wielu językach, także w języku polskim, przyjęto używać angielskie jego rozwinięcie *Music Information Retrieval*.

Cyfrowe nagranie muzyczne traktuje się jako plik specyficznych danych i stosuje się różne metody przetwarzania i transformacji, by uzyskać charakterystyczne informacje niskopoziomowe, jak np. środek ciężkości widma sygnału fonicznego, amplitudy składowych harmoniczných czy czas ataku w izolowanym dźwięku in-

⁴ <https://fbc.pionier.net.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

⁵ <https://lab.dariah.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

⁶ <https://www.gov.pl/web/nauka/polska-mapa-infrastruktury-badawczej--70-najlepszych-infrastruktur-w-jednej-broszurze> (dostęp: 10.04.2024).

⁷ <https://mir-wg.dariah.pl/folkartinet-2/> (dostęp: 10.04.2024).

⁸ <https://zespolyludowe.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

strumentu muzycznego. Wykorzystując te niskopoziomowe cechy, można skonstruować cechy wyższego poziomu, pozwalające na rozróżnianie, np. barwy dźwięku instrumentów muzycznych, wykonawcy utworu muzycznego, ekstrakcję linii melodycznej, określanie gatunku muzycznego, a także charakteru emocjonalnego utworu. Na podstawie tych cech, inaczej zwanych deskryptorami, można wyszukiwać przykłady podobne do wzorca w bazach utworów muzycznych. Pierwsze badania w zakresie MIR odbywały się w latach 90-tych XX stulecia, lecz prawdziwy rozwój MIR nastąpił w XXI wieku, zwłaszcza gdy zaczęto wykorzystywać algorytmy sztucznej inteligencji. Zakres tej dziedziny to gromadzenie i organizowanie odczytywalnych maszynowo danych muzycznych, opracowywanie reprezentacji tych danych oraz metodyki ich przetwarzania i rozumienia z wykorzystaniem wiedzy dziedzinowej oraz technologii informatycznych. Ze względu na coraz większy zakres badań, akronim MIR zaczęto rozwijać jako Music Information Research (pol. *badania informacji muzycznej*), dla której kierunki rozwoju, czyli tzw. mapę drogową przedstawiono w raporcie *Roadmap for Music Information ReSearch*⁹. Nowe metody znalazły zastosowanie w przemyśle muzycznym i powoli zaczynają być akceptowane przez tradycyjnych muzykologów. Niewątpliwie przyczynia się do tego dynamicznie rozwijająca się dziedzina humanistyki i sztuki cyfrowej.

3. Konsorcjum DARIAH-PL

Akronim DARIAH oznacza w języku angielskim *The Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities*, czyli cyfrową infrastrukturę badawczą dla sztuki i humanistyki. Z jednej strony może on być rozumiany dosłownie, a z drugiej może określać sieć naukowców, ekspertów, baz informacji, wiedzy, treści, metod, narzędzi i technologii z krajów członkowskich Unii Europejskiej. DARIAH rozwija, utrzymuje i obsługuje infrastrukturę wspierającą praktyki badawcze oparte na ICT (ang. *Information and Communication Technology*) oraz wspiera badaczy w korzystaniu z nich do tworzenia, analizowania i interpretowania zasobów cyfrowych sztuki i humanistyki (DARIAH-EU¹⁰). Początki DARIAH sięgają 2008 roku, a od 2010 roku trwały starania przekształcenia go w konsorcjum na rzecz europejskiej infrastruktury badawczej (ERIC), co stało się w sierpniu 2014 roku decyzją Komisji Europejskiej (nr 2014/526/UE). DARIAH-ERIC to międzynarodowa infrastruktura stawiająca sobie za cel rozwój i wspieranie badań we wszystkich dziedzinach z zakresu zarówno nauk humanistycznych, jak i nauk o sztuce. Zasadniczymi przedmiotami badań są multimedialne obiekty cyfrowe, takie jak: tekst, obraz, dźwięk czy wideo. Obecnie konsorcjum DARIAH liczy 22 członków oraz kilku partnerów współpracujących z jedenastu krajów trzecich.

⁹ X. Serra, M. Magas, E. Benetos, M. Chudy, S. Dixon, A. Flexer, E. Gómez, F. Gouyon, P. Herrera, S. Jorda, O. Paytuy, G. Peeters, J. Schlüter, H. Vinet, G. Widmer, *Roadmap for Music Information Research*, red. G. Peeters, 2013, <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3201130f29c387dde11f16b603972169cbe00dfa> (dostęp: 10.04.2024).

¹⁰ <https://www.dariah.eu/> (dostęp: 10.04.2024).

Polska przystąpiła do DARIAH w 2014 roku. Dnia 27 listopada 2014 roku na Uniwersytecie Warszawskim, we współpracy z Ministerstwem Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zorganizowano I Międzynarodową Konferencję Humanistyki Cyfrowej – „DARIAH-PL Nowoczesne technologie w badaniach humanistycznych”. DARIAH-PL¹¹ stanowi największe konsorcjum humanistyczne w Polsce, którego członkami jest 18 wiodących w zakresie humanistyki cyfrowej instytucji naukowych. Prace DARIAH-PL koordynuje Uniwersytet Warszawski. Oprócz Grupy Roboczej Music Information Retrieval w ramach DARIAH-PL pracują grupy: Cyfrowa Lingwistyka Stosowana i Translatoryka, Filologia Cyfrowa, Sławistyka Cyfrowa, Korpusowa Infrastruktura Badawcza dla Polszczyzny, Narzędzia do analizy i wizualizacji obrazów cyfrowych, Indika – Cyfryzacja Procesu Tłumaczenia, Daria – cyfrowe archiwa kobiet oraz grupa DHGIS, której celem jest rozwiązywanie problemów związanych z gromadzeniem, integracją i upowszechnianiem informacji geograficzno-historycznych.

4. Grupa Robocza DARIAH-PL Music Information Retrieval

Celem grupy roboczej Music Information Retrieval¹² jest rozwój komputerowych narzędzi i zastosowań technologii pozyskiwania i analizy informacji muzycznej w celu rozwijania szeroko rozumianych badań interdyscyplinarnych w zakresie muzykologii, a zwłaszcza etnomuzykologii, oraz cyfrowego udostępniania zbiorów polskiej muzyki tradycyjnej. Grupa powstała w 2018 roku z inicjatywy Instytutu Sztuki Polskiej Akademii Nauk, Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Siecowego w Poznaniu oraz Instytutu Informatyki Politechniki Poznańskiej. Od tego czasu grupa jest stałym gościem na międzynarodowych konferencjach tematycznych, np. DARIAH Annual Events¹³ oraz Digital Libraries for Musicology (DLfM)¹⁴, gdzie prezentuje wyniki swoich prac badawczych (patrz Bibliografia).

Celem praktycznym, który przyświecał grupie od początku jej istnienia była realizacja obliczeniowego środowiska badawczego oraz wyszukiwalnego repozytorium muzyki tradycyjnej w oparciu o produkowany przez PCSS system bibliotek cyfrowych dLibra, które to repozytorium miało być zagregowane z Federacją Bibliotek Cyfrowych. Potencjalnymi jego użytkownikami są muzykolodzy oraz etnomuzykolodzy, edukatorzy, zespoły folklorystyczne w kraju i za granicą poszukujące repertuaru, a także hobbysci oraz zainteresowani użytkownicy bibliotek cyfrowych. Nowa biblioteka funkcjonuje pod nazwą MIRELA.

Obecnie w bibliotece są umieszczone metadane ponad 4000 utworów muzyki tradycyjnej z regionu Warmii i Mazur oraz Kaszub pochodzące z kolekcji ISPAN wraz z wyekstrahowaną linią muzyczną zapisaną w formatach MusicXML, MIDI i MEI. Jest to jeden z wyników omawianego dalej projektu FBC-TeNe.

¹¹ <https://dariah.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

¹² <https://mir-wg.dariah.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

¹³ <https://www.dariah.eu/events/> (dostęp: 10.04.2024).

¹⁴ <https://dlfm.web.ox.ac.uk/> (dostęp: 10.04.2024).

5. Projekty Grupy Roboczej DARIAH MIR finansowane z funduszy europejskich

W 2020 roku grupa robocza MIR złożyła wnioski na dwa projekty finansowane ze środków europejskich, które w wyniku konkursów uzyskały dofinansowanie (FBC-TeNe¹⁵ i FolkArtiNet¹⁶). Ponadto, w tym samym roku, do finansowania ze środków europejskich zakwalifikował się projekt, o który wnioskowało konsorcjum DARIAH-PL, a którego zadania z zakresu muzykologii realizowali członkowie grupy. W chwili przygotowywania niniejszego tekstu wszystkie projekty zostały zakończone. W kolejnych podrozdziałach zostaną przedstawione ich główne wyniki.

5.1. FBC-TeNe: Zwiększenie dostępności cyfrowych zasobów w Federacji Bibliotek Cyfrowych poprzez pozyskiwanie zawartości tekstowej i nutowej

Projekt FBC-TeNe został sfinansowany w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa i był realizowany przez dwa lata, począwszy od 1 marca 2021 roku. Celem projektu było zwiększenie dostępności cyfrowych zbiorów polskich instytucji kultury i nauki poprzez rozbudowę serwisu Federacji Bibliotek Cyfrowych w zakresie wyszukiwania obiektów cyfrowych na podstawie zawartości tekstowej i nutowej. FBC agreguje dane z ponad 120 dostępnych w Internecie repozytoriów, bibliotek, archiwów, muzeów i galerii cyfrowych oraz umożliwia użytkownikom przeszukiwanie tych rozproszonych zasobów w jednym portalu, a przez to szybkie dotarcie do ponad 6,5 mln materiałów. Wynikiem wyszukiwania są odnośniki do obiektów znajdujących się w agregowanych przez FBC kolekcjach cyfrowych. Dotychczas dane podlegające agregacji obejmowały wyłącznie metadane tekstowe materiałów udostępnianych przez poszczególne kolekcje cyfrowe. Uzyskanie możliwości przeszukania zawartości materiału wymaga jego konwersji do postaci, która może zostać poddana indeksacji oraz realizacji wyszukiwania, dostosowanego do typu materiału. W przypadku dokumentów tekstowych, które zostały poddane cyfryzacji poprzez zeskanowanie, konieczne jest przeprowadzenie operacji pozyskiwania reprezentacji tekstowej, OCR (ang. *Optical Character Recognition*). W przypadku skanów utworów muzycznych konieczne jest z kolei wykonanie operacji pozyskiwania reprezentacji nutowej za pomocą zaawansowanych algorytmów OMR (ang. *Optical Music Recognition*) w celu uzyskania symbolicznego zapisu muzycznego i konwersji do różnych formatów (np. MusicXML, MEI). Dzięki temu następuje zwiększenie dostępności zbiorów oraz znaczna poprawa efektywności procesu wyszukiwania.

W przypadku dokumentów muzycznych konieczne było wprowadzenie nowych kryteriów wyszukiwania oraz odpowiednia realizacja tego procesu. W ramach powyższych działań udostępniono kolekcję muzyki ludowej zebranej i opracowanej przez Instytut Sztuki PAN w ramach muzycznej biblioteki cyfrowej MIRELA, która do tej pory nie była agregowana w FBC.

¹⁵ <https://tene.fbc.pionier.net.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

¹⁶ <https://mir-wg.dariah.pl/folkartinet-2/> (dostęp: 10.04.2024).

Ponadto wzbogacono funkcje portalu FBC, polegające na usprawnieniu mobilnej jego wersji, utworzeniu nowoczesnych filtrów, które standaryzują dostęp do zasobów oraz wprowadzeniu ułatwień w dostępie do zasobów dla osób z niepełnosprawnościami, zwłaszcza niewidomych i słabowidzących.

Zasilenie repozytorium MIRELA metadanymi nagrań muzyki tradycyjnej

Projekt FBC-TeNe przyniósł kilka wymiernych efektów. Po pierwsze, zasilił repozytorium MIRELA o zbiór ponad 4000 transkrypcji nagrań muzyki tradycyjnej z regionu Warmii i Mazur oraz Kaszub pochodzących z kolekcji ISPAN wraz z metadanymi oraz z wyekstrahowaną linią muzyczną zapisaną w formatach MusicXML, MIDI i MEI. Są to nagrania, których ze względu na prawa autorskie nie można szeroko udostępniać. Nagrania te były wcześniej naukowo opracowane i przetranskrybowane do postaci nutowej, a następnie wydane przez Instytut Sztuki PAN w ramach wielotomowej antologii *Polska Pieśń i Muzyka Ludowa*¹⁷. Transkrypcja odbywała się ręcznie przez doświadczonych muzykologów i dla celów wydawniczych przygotowana była w formacie MusicXML, który jest czytelny maszynowo. Format MusicXML został zamieniony na nowszy, bardziej kompaktowy format MEI, który ma tę dodatkową zaletę, że wyszukiwarka systemu dLibra została przystosowana do wyszukiwania treści w zapisach MEI. Oznacza to, że użytkownik może wyszukiwać utwory na podstawie wzorca melodycznego. Ponadto system dLibra, w którym obiekty opisane są metadanymi w formacie Dublin Core, został przystosowany do opisu za pomocą szczególnych metadanych zaproponowanych w Instytucie Sztuki PAN, które obejmują, m. in., identyfikator, sygnaturę, tytuł, datę nagrania, miejscowość (z powiatem i regionem), osobę nagrywającą, twórcę (imię i nazwisko), datę urodzenia, miejsce urodzenia, itp.

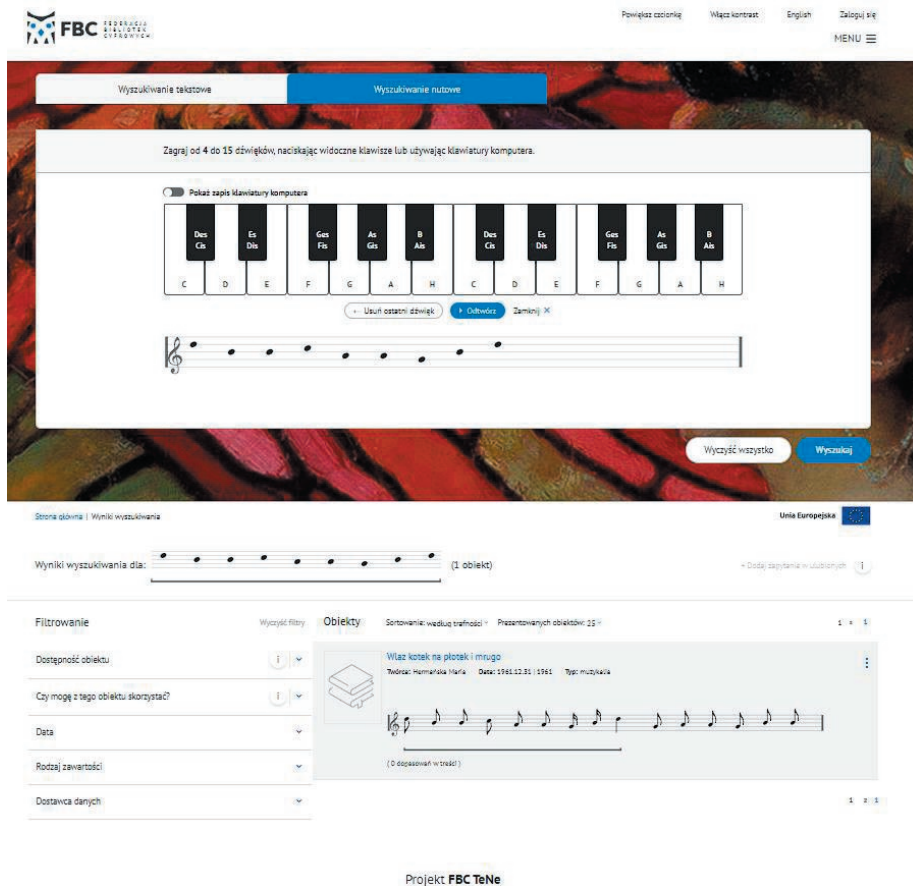
Włączenie MIRELI do FBC w ramach projektu FBC-TeNe umożliwiło powiązanie utworów z innymi zasobami agregowanymi w ramach FBC i uzyskanie dodatkowych informacji tworzących kontekst dla danego nagrania, np. powiązanie reprezentacji tekstowej i nutowej nagrania terenowego pieśni w MIRELI z jej XIX-wiecznym wariantem zapisanym w *Dzieliach Wszystkich* Oskara Kolberga, których skany znajdują się w zasobach Cyfrowej Biblioteki Narodowej POLONA.

Pozyskiwanie dostępu do zawartości nutowej

Drugim obszarem projektu FBC-TeNe było pozyskiwanie dostępu do zawartości nutowej. W przypadku skanów nut utworów muzycznych realizowana jest metoda pozyskiwania reprezentacji nutowej OMR w celu uzyskania symbolicznego zapisu muzycznego i konwersji do różnych formatów np. MIDI, MusicXML, MEI. Pliki te mogą być poddane indeksacji oraz realizacji wyszukiwania na podstawie zadanego wzorca melodycznego. Użytkownik nie musi znać zasad zapisu partytury muzycznej w żadnym z tych formatów. Wyszukiwanie odbywa się za pomocą wirtualnej klawiatury muzycznej, gdzie poszukiwany motyw może być wprowadzony

¹⁷ <https://www.ispan.pl/polska-piesn-i-muzyka-ludowa-seria-wydawnicza> (dostęp: 10.04.2024).

czy to za pomocą myszki, czy za pomocą klawiatury. W tle kod wybranych klawiszy zapisywany jest w formacie MEI i wyszukiwarka ekstrahuje wybrane dźwięki, a następnie wyszukuje sekwencję w zbiorach biblioteki (Rysunek 5.1). Oczywiście zbiory muszą być zaindeksowane, to znaczy zapis nutowy wymaga przekształcenia do formatu MEI i w tym zapisie wyszukiwana jest fraza zapytania. Można sobie wyobrazić, że do tego przekształcenia wymagany jest biegły muzyk. Jednak zaimplementowana technologia pozwala na rozpoznawanie automatyczne.



Rysunek 5.1. Wyszukiwanie melodii za pomocą wirtualnej klawiatury muzycznej. Poszukiwany motyw może być wprowadzony za pomocą myszki lub klawiatury. Na podstawie wyekstrahowanych dźwięków wyszukiwarka wyszukuje sekwencję w zbiorach biblioteki. Źródło: zrzut ekranu.

5.2. FolkArtiNet: Zespoły muzyki ludowej – ich działalność artystyczna i potrzeby infrastrukturalne w dobie pandemii COVID-19 i nie tylko

Trwający rok projekt „FolkArtiNet: Zespoły muzyki ludowej – ich działalność artystyczna i potrzeby infrastrukturalne w dobie pandemii COVID-19 i nie tylko” (ang. *FolkArtiNet: Folk music groups, their artistic practice and infrastructural needs in the COVID-19 era and beyond*) był realizowany w 2021 roku w ramach konkursu DARIAH Theme¹⁸ „Sztuka, nauki humanistyczne i COVID-19” (ang. *Arts, Humanities and COVID-19*). Zidentyfikowano ponad 550 polskich zespołów ludowych działających na całym świecie, gromadzących i utrzymujących w zbiorowej pamięci bogatą tradycję polskiego folkloru.

W projekcie opracowano metodykę pozyskiwania jakościowej i ilościowej informacji na temat wykorzystania technologii informacyjnych i komunikacyjnych w praktyce artystycznej zespołów muzyki i tańca ludowego oraz sformułowania ich potrzeb technologicznych. Skoncentrowano się na artystach muzyki i tańca tradycyjnego, ponieważ odgrywają oni kluczową rolę w ochronie wartości niematerialnego dziedzictwa kulturowego, natomiast rzadko analizuje się ich potrzeby jako twórców treści multimedialnych (opracowania muzyczne, choreografie, nagrania koncertowe, fotografie). Przedmiotem zainteresowania było, czy i jak zespoły wykorzystują dostępne technologie komputerowe i komunikacyjne (ang. *Information and Communication Technologies, ICT*) do utrwalania swoich zbiorów oraz dokumentowania swojej twórczości. Okres pandemii dodatkowo zainspirował wykonawców projektu do zbadania, na ile dostępne technologie są wykorzystywane do wspólnego zdalnego muzykowania. Przeprowadzono serię wywiadów i ankiet, a także zorganizowano zdalne warsztaty połączone z dyskusją panelową na temat roli technologii ICT w działalności zespołów.

Podjęte w projekcie działania wykazały potrzebę rozwiązania problemów (i) identyfikacji, przechowywania i dostępu do materiałów źródłowych dla zespołów ludowych, (ii) zachowania dziedzictwa kulturowego zebranego przez zespoły ludowe, (iii) archiwizacji dorobku zespołów, (iv) jednoznacznej identyfikacji obiektów muzycznych za pomocą metadanych zgodnie z paradygmatem FAIR¹⁹ (ang. *Findable, Accessible, Identifiable and Reusable*).

Okazało się, że podjęty w projekcie temat wykorzystania technologii ICT przez zespoły folklorystyczne jest niezwykle istotny i wpisuje się w paradygmaty Citizen Science i Open Science, a budowa repozytoriów gromadzących dorobek tych zespołów jest warunkiem koniecznym dla zachowania ciągłości tradycji niematerialnych.

5.3. Cyfrowa infrastruktura badawcza dla humanistyki i nauk o sztuce DARIAH-PL

Projekt DARIAH-PL (Dariah.lab²⁰) był realizowany w latach 2021–2023 i był współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego,

¹⁸ <https://www.dariah.eu/2020/12/10/dariah-theme-call-2020-2021-meet-the-winning-projects/> (dostęp: 10.04.2024).

¹⁹ <https://www.go-fair.org/> (dostęp: 10.04.2024).

²⁰ <https://lab.dariah.pl/> (dostęp: 10.04.2024).

Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014–2020, działania 4.2 – „Rozwój nowoczesnej infrastruktury badawczej sektora nauki”.

Celem projektu DARIAH-PL było utworzenie krajowej inteligentnej cyfrowej infrastruktury badawczej dla humanistyki i nauk o sztuce. Infrastruktura ma służyć pozyskiwaniu, przechowywaniu i integracji różnorodnych danych badawczych oraz przetwarzaniu, wizualizacji i udostępnianiu zasobów cyfrowych. W tym celu zbudowana została powiązana z podmiotami gospodarczymi sieć rozproszonych laboratoriów wyposażonych w nowoczesne narzędzia i zasoby umożliwiające realizację interdyscyplinarnych badań, wymagających wykorzystania różnorodnych materiałów.

Planowane efekty projektu były następujące:

- rozszerzenie zakresu prowadzonych w Polsce badań z dziedziny humanistyki i nauk o sztuce,
- digitalizacja i ochrona materialnego i niematerialnego dziedzictwa kulturowego oraz udostępnienie tego dziedzictwa szerokim grupom odbiorców,
- zwiększenie konkurencyjności polskich ośrodków badawczych oraz związanych z kulturą i sztuką w kraju i na arenie międzynarodowej,
- przyspieszenie tempa rozwoju gałęzi przemysłów kreatywnych oraz turystyki regionalnej.

Liderem projektu było Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe. Jednym z filarów projektu była muzykologia cyfrowa. Politechnika Poznańska we współpracy z Instytutem Sztuki PAN zbudowała system pod nazwą MusicPUT²¹, agregujący dostępne w dowolnym miejscu i w dowolnym czasie internetowe narzędzia do wspomagania badań muzykologicznych. Budowane narzędzia obejmują cztery zakresy tematyczne. Są to:

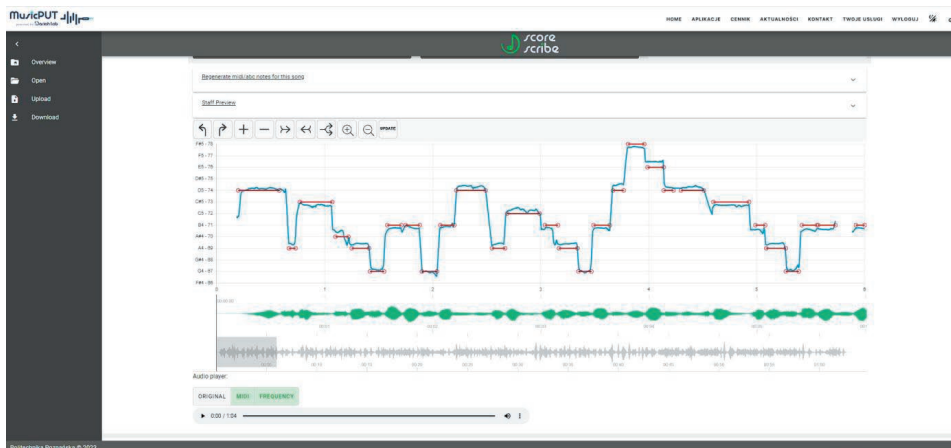
- ScoreScribe – narzędzie do automatycznej transkrypcji nagrań utworów jednogłosowych

Narzędzie pozwala znacznie przyspieszyć proces transkrypcji, automatycznie ekstrahując melodię i zamieniając ją na możliwe do komputerowego odtworzenia dźwięki MIDI oraz na kilka formatów przeznaczonych do „maszynowej” reprezentacji muzyki, np. MEI, MusicXML, ABC oraz na zapis nutowy. Szczególnie przydatna transkrybentom jest wizualizacja linii melodycznej utworu i proponowanych dźwięków MIDI, które można edytować (Rysunek 5.2.). W celach poglądowych dostępna jest ponadto możliwość wyświetlania melodii w postaci edytowalnego zapisu nutowego.

- Timbra – narzędzie parametryzacji, wizualizacji i porównania barwy dźwięku

Barwa (ang. *timbre*) w kontekście dźwięków jest zjawiskiem wielowymiarowym, które często wyraża się opisowo, jako np.: barwa jasna, ciemna, ostra, szorstka, soczysta, bogata, nosowa itp. W dziedzinie Music Information Retrieval wyprac-

²¹ <https://music-put.lab.dariah.pl> (dostęp: 10.04.2024).



Rysunek 5.2. Narzędzie ScoreScribe do automatycznej transkrypcji nagrań utworów jednogłosowych w trybie MIDI. Źródło: zrzut ekranu.

wano cały szereg parametrów określających barwę dźwięku, które Timbra (Timbre Analyzer) oblicza, wizualizuje, zestawia i porównuje w rozmaitych konfiguracjach. Pozwala np. zwizualizować różnice barwy dźwięku różnych instrumentów tego samego typu, np. skrzypiec, wskazać różnice barwy dźwięku tego samego instrumentu, na którym grają różni muzycy, np. wiolonczeliści, rozróżnić głosy różnych mówców i śpiewaków, odróżnić dźwięk instrumentu akustycznego od dźwięku zsyntetyzowanego.

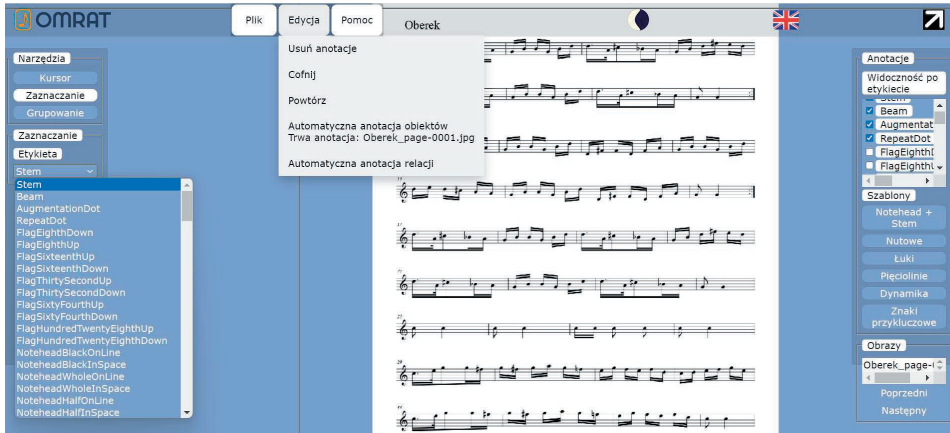
- GOST – narzędzie generowania ścieżki muzycznej dla gier komputerowych

Narzędzie GOST (Gaming Online Sound Track) wykorzystuje głębokie sieci neuronowe do generowania muzyki do gier o wydźwięku emocjonalnym pozytywnym lub negatywnym, o zasugerowanym tempie. Jest to narzędzie dedykowane przede wszystkim dla niezależnych twórców gier.

- OMRAT – automatyczne narzędzie wspierające anotację dokumentów nutowych dla OMR

Narzędzie OMRAT (Optical Music Recognition Annotation Tool) pozwala na automatyczny „odczyt” skanów zapisu nutowego dzięki wbudowanym głębokim sieciom neuronowym, które ucząc się na przykładach rozpoznają zapisy nutowe. Za pomocą narzędzia OMRAT można anotować dokumenty nutowe ręcznie, ale jest to zadanie bardzo pracochłonne. Dlatego specjalistom pozostawiono zadania jedynie ręcznej korekty oznaczonych wstępnie przez komputer dokumentów. Mechanizm jest taki sam jak dla OMR, jednak system ręcznej korekty pozwala przygotować zaanotowane poprawnie dokumenty, które wzbogacą dane uczące dla sieci neuronowych, a tym samym poprawią działanie docelowego systemu OMR.

Zaanotowane skany dokumentów muzycznych mogą służyć do ich dalszej edycji metodami komputerowymi, co wzbudza zainteresowanie wielu prywatnych kolekcjonerów dawnych dokumentów drukowanych i rękopisów. Na Rysunku 5.3. przedstawiono interfejs narzędzia OMRAT.



Rysunek 5.3. Interfejs narzędzia OMRAT do automatycznego anotowania dokumentów nutowych z możliwością korekty ręcznej. Źródło: zrzut ekranu.

Warto dodać, że system MusicPUT oferuje również moduł konwertera, który pozwala na zamianę muzycznych formatów symbolicznych dla wielu plików jednocześnie (np. MusicXML na MEI, MEI na MIDI itp.). Takie zamiany są bardzo potrzebne w różnych zastosowaniach archiwizacyjnych i badawczych.

6. Podsumowanie

W artykule pokazano działalność grupy roboczej DARIAH-PL Music Information Retrieval, której celem jest rozwój komputerowych narzędzi i zastosowań technologii pozyskiwania i analizy informacji muzycznej w celu rozwijania szeroko rozumianych badań interdyscyplinarnych w zakresie muzykologii na przestrzeni ostatnich sześciu lat od jej powstania. W tym czasie grupa zrealizowała szereg przedsięwzięć istotnych dla środowiska muzykologicznego i bibliotekarskiego, m.in.:

- zbudowała bibliotekę muzyczną MIRELA mającą charakter badawczo-rozwojowy, a jednocześnie zbierającą i porządkującą metadane nagrań muzyki tradycyjnej, gdy nie jest możliwe ich udostępnienie ze względu na prawa autorskie,
- pozyskała i zrealizowała trzy projekty naukowo-badawcze, których efektem są narzędzia komputerowe w przyszłości niezbędne we współczesnym warsztacie muzykologów oraz bibliotekarzy muzycznych,
- zapoczątkowała prace nad cyfryzacją i anotacją dokumentów nutowych, co umożliwi ich edycję oraz automatyczne odtwarzanie,

- zapoczątkowała wykorzystywanie metod OMR w bibliotekach cyfrowych do indeksacji dokumentów nutowych na podstawie treści oraz wyszukiwanie na podstawie zadanego motywu,
- wytyczyła nowe obszary prac badawczo-rozwojowych w zakresie wykorzystania technologii ICT w zachowaniu niematerialnego dziedzictwa kulturowego kultywowanego przez zespoły muzyki i tańca tradycyjnego.

Dotychczasowe lata doświadczeń pokazały, że konieczna jest prowadzona na większą skalę popularyzacja technologii ICT w środowisku muzykologów i bibliotekarzy, by uzupełnić ich warsztat pracy o nowe metody oparte na technologii. Synergia rodzi wiele innowacyjnych pomysłów. Grupa MIR rozbudowuje społeczność specjalistów zainteresowanych korzystaniem z wypracowanych narzędzi organizując spotkania robocze oraz warsztaty i szkolenia. W tym celu przygotowuje wnioski i zabiega o kolejne środki na realizację projektów rozwijających tę ideę oraz pozwalających pozyskać nowych współpracowników.

BIBLIOGRAFIA

- Chudy M., Łukasik E., Parkoła T., Kuśmierek E., Jackowski J., Dahlig-Turek E., *Digital Library Adaptation for Traditional Music and Content-Based Research: Polish Sound Archives and dLibra*, [w:] JCDL '20 : Proceedings of the ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries in 2020, New York 2020, <https://doi.org/10.1145/3383583.3398544>.
- Chudy M., Kuśmierek E., Parkoła T., Łukasik E., *FolkArtiNet: Folk music groups: their artistic practice and infrastructural needs in the COVID-19 era and beyond*, 03.10.2022, <https://zenodo.org/records/7139581>.
- Chudy M., Nawrocka-Wysocka A., Łukasik E., Kuśmierek E., Parkoła T., *Incorporating symbolic representations of traditional music into a digital library*, [w:] Proceedings of the 10th International Conference on Digital Libraries for Musicology (DLfM '23), New York 2023, <https://doi.org/10.1145/3625135.3625150>.
- DARIAH-EU, <https://www.dariah.eu/>.
- DARIAH Events, <https://www.dariah.eu/events/>.
- Dariah.lab – strona projektu Cyfrowa infrastruktura badawcza dla humanistyki i nauk o sztuce DARIAH-PL, <https://lab.dariah.pl/>.
- DARIAH-PL, <https://dariah.pl/>.
- DLfM International Conference on Digital Libraries for Musicology, <https://dlfm.web.ox.ac.uk/>.
- dLibra – DInGO, <https://dingo.psnc.pl/dlibra/>.
- FAIR Principles, <https://www.go-fair.org/>.
- FBC, <https://fbc.pionier.net.pl/>.
- FBC-TeNe – strona projektu, <https://tene.fbc.pionier.net.pl/>.
- FolkArtiNet – strona projektu Zespoły muzyki ludowej – ich działalność artystyczna i potrzeby infrastrukturalne w dobie pandemii COVID-19 i nie tylko, <https://mir-wg.dariah.pl/folkartinet-2/>.
- Graczyk S., Piniarska Z., Kałamoniak M., Łukaszewski T., Łukasik E., *An Online Tool for Semi-Automatically Annotating Music Scores for Optical Music Recognition*, [w:] Proceedings of the 11th International Conference on Digital Libraries for Musicology (DLfM '24), New York 2023, <https://doi.org/10.1145/3660570.3660571>.
- MIRELA Repozytorium MIR, <https://mir-wg.dariah.pl/repo/dlibra>.
- Music PUT, <https://music-put.lab.dariah.pl>.
- Papaki D., DARIAH Theme Call 2020/2021: Meet the winning projects, <https://www.dariah.eu/2020/12/10/dariah-theme-call-2020-2021-meet-the-winning-projects/>.

- Parkoła T., Chudy M., Łukasik E., Jackowski J., Kuśmerek E., Dahlig-Turek E., *MIRELA – Music Information Research Environment with dLibra*, [w:] *DLfM '19: Proceedings of the 6th International Conference on Digital Libraries for Musicology*, New York, <https://doi.org/10.1145/3358664.3358674>.
- Polska Mapa Infrastruktury Badawczej – 70 najlepszych infrastruktur w jednej broszurze* – Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego – Portal Gov.pl, 30.09.2020, <https://www.gov.pl/web/nauka/polska-mapa-infrastruktury-badawczej-70-najlepszych-infrastruktur-w-jednej-broszurze>.
- Polska Pieśń i Muzyka Ludowa* [seria], <https://www.ispan.pl/polska-piesn-i-muzyka-ludowa-seria-wydawnicza>.
- Grupa Robocza DARIAH-PL Music Information Retrieval, <https://mir-wg.dariah.pl/>.
- Portal Zespoły Ludowe.pl, <https://zespolyludowe.pl/>.
- Serra X., Magas M., Benetos E., Chudy M., Dixon S., Flexer A., Gómez E., Gouyon F., Herrera P., Jorda S., Paytuy O., Peeters G., Schlüter J., Vinet H., Widmer G., *Roadmap for Music Information ReSearch*, red. G. Peeters, 2013, <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=3201130f29c387dde11f16b603972169cbe00dfa>.
- Szymański F., Chudy M., Łukasik E., *Timbra. An Online Tool for Feature Extraction, Comparative Analysis and Visualization of Timbre*, „International Journal of Electronics and Telecommunications”, vol. 70, no 2, 2024, <https://ijet.pl/index.php/ijet/article/view/10.24425-ijet.2024.149551>.
- Werla M., Jackowski J., Chudy M., Łukasik E., Kuśmerek E., Dahlig-Turek E., *Developing Music Digital Library based on Polish Traditional Music Archives and dLibra*, 11th International Conference on Digital Libraries for Musicology, Paris 2018, <https://dlfm.web.ox.ac.uk/sites/default/files/dlfm/documents/media/werla-et-al-polish-traditional-music-archives.pdf>.

ABSTRAKT

W artykule przedstawiono założenia interdyscyplinarnej grupy badawczej Music Information Retrieval działającej w ramach konsorcjum DARIAH-PL, a także jej osiągnięcia badawcze i praktyczne w zakresie budowy cyfrowego środowiska badawczego dla muzykologii i muzycznych bibliotek cyfrowych. Przedstawiono wyniki trzech projektów badawczych oraz plany na przyszłość.

Słowa-klucze: biblioteki cyfrowe, OMR, metadane, wyszukiwanie na podstawie zawartości, niematerialne dziedzictwo kulturowe, muzyka tradycyjna, muzykologia cyfrowa, projekty badawcze

The Polish group DARIAH-PL Music Information Retrieval and its projects for digital musicology

ABSTRACT

This article introduces the interdisciplinary Music Information Retrieval research group that operates within the DARIAH-PL consortium. It discusses the group's research objectives and practical achievements in building a digital research environment for musicology and digital music libraries. The article also presents the outcomes of three research projects and outlines the group's future plans.

Keywords: digital libraries, OMR, metadata, content-based search, intangible cultural heritage, traditional music, digital musicology, research projects

BIOGRAMY

Ewa Łukasik – pracuje w Instytucie Informatyki Politechniki Poznańskiej na stanowisku profesora uczelni. Zajmuje się metodami komputerowej analizy i rozpoznawania dźwięku, a także szeroko rozumianymi systemami multimedialnymi. Publikuje i recenzuje artykuły w zagranicznych i krajowych czasopismach oraz materiałach konferencji naukowych. Jest aktywnym członkiem towarzystw naukowych: Audio Engineering Society, w którym sprawuje funkcję Wiceprezydenta odpowiedzialnego za region Europy Centralnej, IEEE, Polskiego Towarzystwa Informatycznego oraz Sekcji Polskiej Międzynarodowego Stowarzyszenia Studiów Śpiewu Gregoriańskiego AISCGre, której jest sekretarzem. Od 2018 r. jest współinicjatorem i członkiem grupy roboczej DARIAH-PL Music Information Retrieval.

Magdalena Chudy – naukowiec, informatyk, wiolonczelistka. Pracuje jako adiunkt w Zakładzie Muzykologii Instytutu Sztuki PAN. Uzyskała stopień doktora inżyniera elektroniki w Centre for Digital Music, Queen Mary University of London (2016). Z Instytutem Sztuki PAN związana od 2018 r. Również od 2018 r. jest członkiem i współinicjatorem grupy roboczej DARIAH-PL Music Information Retrieval. Od lat łączy pracę naukową z pracą informatyka w dziedzinie cyberbezpieczeństwa i działalnością artystyczną jako muzyk instrumentalista.

Dr inż. Ewa Kuśmerek – pracuje w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym w dziale Nowych Interfejsów użytkownika. Jest zaangażowana w realizację projektów związanych z zastosowaniami automatycznego rozpoznawania mowy. Od 2018 r. jest współinicjatorem i członkiem grupy roboczej DARIAH-PL Music Information Retrieval.

Tomasz Parkoła – pracuje w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym od 2005 roku. Od 2019 roku pełni funkcję Kierownika Działu Bibliotek Cyfrowych i Platform Wiedzy. W kierowanym przez niego dziale funkcjonują trzy zespoły odpowiedzialne za prace w obszarach humanistyki cyfrowej (<http://ehum.psnc.pl/en/main-page/>), produktów i usług dla bibliotek i repozytoriów cyfrowych (<https://dingo.psnc.pl/>), a także polskiej Federacji Bibliotek Cyfrowych (<https://fbc.pionier.net.pl/>). Był i jest zaangażowany w krajowe i międzynarodowe projekty badawczo-rozwojowe w zakresie przetwarzania i dostępu do danych, długoterminowej archiwizacji, automatyzacji procesów digitalizacji oraz agregacji danych i ich interoperacyjności. W latach 2010–2013 był koordynatorem programu EIFL-FOSS w Polsce. Od roku 2011 zasiada w zarządzie europejskiego Centrum Kompetencji IMPACT w zakresie digitalizacji, a w latach 2016–2020 roku był również jego dyrektorem naukowo-technicznym. Brał udział w pracach komitetu programowego konferencji iPRES 2014, iPRES 2016, DATeCH 2017 oraz DARIAH AE 2019. Od 2019 roku jest członkiem Product Board w Open Preservation Foundation oraz współprowadzącym wirtualne centrum kompetencji DARIAH-EU (VCC1 – e-Infrastructure). Jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu publikacji naukowych i popularnonaukowych. Posiada certyfikaty PMP®, UX-PM, PMI ACP oraz ITIL v4 (Foundation oraz DPI).