

Radosława Rodasik

Językoznawstwo, kryminalistyka a środowisko programowe VoicePrints

Kultura Bezpieczeństwa. Nauka-Praktyka-Refleksje nr 18, 128-141

2015

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

KULTURA BEZPIECZEŃSTWA
NAUKA – PRAKTYKA – REFLEKSJE
NR 18, 2015 (128–143)

JĘZYKOZNAWSTWO, KRYMINALISTYKA
A ŚRODOWISKO PROGRAMOWE
VOICEPRINTS

LINGUISTICS, FORENSICS SCIENCE
TOWARDS VOICEPRINTS PROGRAMME

RADOSŁAWA RODASIK
UNIwersytet Jagielloński

ABSTRACT

Linguistics is widely used in forensic studies, for example. One such area is the acoustic phonetics, also known as phonoscopy or criminal acoustics. However, as research indicates that the use of criminal methods in detecting acoustic guitar perpetrator is not an easy task. Therefore, in order to authenticate identity of the opinions of expert speakers create new methods for testing voice (either auditory or digital), and the environment for the analysis of voice samples which affect more reliable and accurate analysis of the voice. One such method is the digital acoustic analyzer Voice-Prints voice samples .

KEYWORDS: Linguistics, criminal acoustics, forensic studies

ABSTRAKT

Językoznawstwo ma szerokie zastosowanie w badaniach kryminalistycznych, np. jedną z takich dziedzin jest fonetyka akustyczna, nazywana też fonoskopią lub akustyka kryminalną. Jednak jak wskazują badania, wy-

korzystanie metod akustyki kryminalnej w wykrywaniu sprawcy, nie jest łatwym zadaniem. Dlatego też aby uwiarygodnić opinie ekspertów identyfikujących mówców powstają nowe metody badawcze głosu (czy to audytywne, czy cyfrowe) oraz środowiska do analizy próbek głosu, które wpływają na bardziej rzetelne i dokładniejsze analizy głosu. Jedną z takich metod akustyki cyfrowej jest analizator próbek głosu VoicePrints.

SŁOWA KLUCZOWE: językoznawstwo, akustyka kryminalna, kryminalistyka

Językoznawstwo jest nauką, która ma szerokie zastosowanie w kryminalistyce. Jedną z takich dziedzin językoznawstwa jest fonetyka, która jest wykorzystywana w rozpoznawaniu mówców. Ostatnie lata wskazują nam na dynamiczny rozwój technik rejestrowania i przetwarzania mowy, a także pomiaru i analizy sygnału akustycznego w różnorodnych dziedzinach nauki, m. in. w językoznawstwie jako metoda badań fonetyki gwarowej.¹ Człowiek dysponując systemem artykulacji odnosi mylne aczkolwiek powszechne wrażenie, że proces artykulacji jest łatwy, prosty i naturalny. W rzeczywistości układ artykulacyjny: język, wargi oraz struny głosowe wykonują tysiące niezwykle skomplikowanych, szybkich i precyzyjnych ruchów.²

Efektom tego są zespoły dźwięków zawierających różne informacje, wśród których rozróżniamy m.in. cechy osobnicze – umożliwiające rozróżnienie osób, emocjonalne – pozwalające stwierdzić stan emocji i psychiki. Informacje, jakie niesie za sobą mowa, zostają szeroko wykorzystywane w rozpoznawaniu mówców. Proces, w wyniku którego uzyskujemy te wszystkie informacje wydaje się na pozór prosty, lub nawet prostszy od samego wytwarzania mowy. Jednak po wnikliwym przyjrzeniu się dostrzegamy, iż analiza dźwięków mowy, pozwalająca na jej rozpoznanie i interpretację jest bardzo złożoną. Już z tego pobieżnego rozumowania można spostrzec, że zarówno na etapie artykulacji, jak i percepcji i rozpoznawania, mowa jest złożonym i trudnym procesem, w który zaangażowana jest nasza pamięć, umiejętność uczenia się, wreszcie inteligencja. Takie przedstawienie procesu artykulacji sygnału głosowego uświadamia, jak olbrzymie trudności napotyka próba przeniesienia tego procesu na grunt

1 J. Garczyńska, *Zastosowanie metod fonetyki akustycznej w badaniach dialektologicznych (na przykładzie akcentowanej samogłoski [a], [w] Gwary dziś 4. Konteksty dialektologii*, pod red. J. Sierociuka, Poznań 2007, s. 237-247.

2 M. Kłaczyński, *Zjawiska wibroakustyczne w kanale głosowym człowieka*, Rozprawa doktorska Katedra Mechaniki i Wibroakustyki AGH, 2007 [w] <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9873/full9873.pdf>.

złożonej fonetyki eksperymentalnej. Tymczasem to właśnie z jej punktu widzenia sygnał akustyczny mowy stanowi nader istotny i interesujący obszar analiz. Badania nad sygnałem mowy ciągle trwają tak, aby jak najefektywniej wykorzystać ludzkie możliwości procesu artykulacji i percepcji.

Z sygnału akustycznego w procesie wstępnego przetwarzania ekscerpowane są zbiory cech sygnału, których wartości stanowią podstawę opisu mowy. Tak tworzone są zestawy parametrów, które następnie uporządkowane w odpowiednią strukturę – wektorów cech, służą do opracowywania modeli zmian artykulacyjnych.

Zaawansowane badania analizy akustycznej złożonych sygnałów wskazują, że nie występuje zjawisko standaryzacji wyników, co powoduje, że przy opiniowaniu eksperta w zakresie sygnału akustycznego wymagane jest subiektywne poszukiwanie w tym sygnale charakterystycznych cech (symptomów) głosu lub kontekstów z nim związanych.

Przeprowadzony przegląd badań i publikacji z zakresu fonetyki eksperymentalnej języka polskiego, wskazał na pewne braki występowania modeli sygnału akustycznego gwar. Znakomita większość stosowanych metod akustycznych została opracowana dla ogólnego (wzorcowego) języka polskiego. Proste przeniesienie w obszar innej odmiany języka (np. gwary) może być nieefektywne ze względu na odmienność fonetyczną.

DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ ZWIĄZANYCH Z PODEJMOWANĄ PROBLEMATYKĄ

Mowa stanowi najlepsze narzędzie komunikowania się człowieka. Zjawisko wytwarzania mowy stanowi wieloaspektowe i wielowymiarowe narzędzie komunikacji, które obejmuje dziedziny fizyki dźwięku, akustyki, fonetyki, foniatry i logopedii. Sygnał mowy, oprócz wartości informacyjnej, zawiera w sobie również dane dotyczące cech osobniczych, stanu fizycznego i emocjonalnego mówcy. Poznanie mechanizmów powstawania mowy od wielu lat znalazło się w polu zainteresowania analiz naukowców i ośrodków badawczych. Powstałe na ten temat prace dotyczą procesów generowania, percepcji, modelowania artykulacji, transmisji oraz kodowania sygnału mowy. Spotykane w literaturze prace dotyczące tych zagadnień obejmują w największej ilości opracowania anglojęzyczne. W Polsce tym zagadnieniom poświęcone są prace przede wszystkim: Cz. Basztury, S. Grocholewskiego, R. Gubrynowicza, W. Jassema, J. Kacprowskiego, H. Konecznej, R. Tadeusiewicza.

Analiza głosu mówcy została wykorzystana również w kryminalistyce. Fonoskopia jest działem badań kryminalistycznych, który zajmuje się badaniem utrwalonej mowy, identyfikacją osób i sygnałów akustycznych, identyfikacją urządzeń do rejestracji i transmisji, badaniem warunków akustyczno-technicznych nagrania, a także

- „- badaniem autentyczności nagrań;
- spisywaniem treści nagrań (badania odsłuchowe);
- identyfikacją sprzętu służącego do nagrań dźwięku;
- określeniem kontekstu sytuacyjnego w badanym zapisie magnetofonowym (...);
- ustaleniem parametrów technicznych nagrań;
- wnioskowanie o osobach (płeć, wiek, wykształcenie, osobowość i cechy charakterologiczne, środowisko społeczne, regionalne, zawodowe, stan emocjonalny, zaburzenia oraz choroby narządów mowy, choroby psychiczne i psychosomatyczne)
- rozpoznawanie anomii związanych z intoksykacją substancjami psychoaktywnymi, zaburzeniami neurologicznymi lub wynikającymi z budowy anatomicznej aparatu mowy”³.

Bazy danych zawierające wyniki wszechstronnych badań i pomiarów fonetycznych dla języka polskiego są rezultatem wieloletniej pracy: S. Błasiakiewicz, W. Bednarczyka, W. Jassem, A. Wierzchowskiej, L. Dukiewicz, M. Dłuskiej.⁴

Jak zaznaczają W. Maciejko, J. Rzeszotarski, T. Tomaszewski:

„Na przełomie lat 50 . i 60 . XX wieku taśmy magnetofonowa nie była jeszcze powszechnie używanym nośnikiem dźwięku Magnetofonów był niewiele, wykorzystywano jedynie ciężkie i duże szpulowe urządzenia analogowe. Z uwagi na niepoddające się miniaturyzacji gabaryty, magnetofony te nie nadawały się do zastosowania jako odtwarzacze przenośne. Zaczęto je jednak wykorzystywać do rejestracji zjawisk akustycznych (rozmów), które mogły mieć znaczenie w procesie karnym. Ponieważ nagrania dźwięku stanowiły nową rzeczywistość w ich sprawie głos zabrali sędziowie Sądu Najwyższego W sprawie sygn. akt I K 196/60 z 23 XII 1960 roku SN orzekł: „(...) taśma magnetofonowa z zarejestrowanym na niej przebiegiem całości lub poszczególnych fragmentów postępowania przygotowawczego czy też rozprawy

3 J. Moszczyński, *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych*, Olsztyn 2011, s. 139.

4 M. Kłaczyński, *Zjawiska wibroakustyczne w kanale głosowym człowieka*, Rozprawa doktorska Katedra Mechaniki i Wibroakustyki AGH, 2007 [w] <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9873/full9873.pdf>.

ma charakter dokumentu (...) znaczenie prawne dowodu z taśmy magnetofonowej nie zostało przez ustawodawcę dotychczas wyraźnie określone niemniej jednak nie istnieją żadne przeszkody do traktowania tej zdobyczy w sensie dowodu z dokumentów”. Terminu fonoskopia po raz pierwszy w literaturze kryminalistycznej użył A. Szwarc, łącząc greckie phone i skopeo (dźwięk i patrzyć) oraz tworząc teoretyczne podstawy tego działu techniki kryminalistycznej. Po latach okazało się że określenie to zostało powszechnie przyjęte w Polsce, mimo że w innych krajach stosowany jest termin „akustyka sądowa” (ang. Forensic Acoustics, niem. Forensische Akustik). Warto dodać, że obecnie w Niemczech funkcjonuje kilka nazw na określenie różnych rodzajów badań związanych z fonoskopią, np. rozpoznawanie mowy (forensische Spracherkennung), fonetyka sądowa (forensische Phonetik) czy też rozpoznawanie mówcy i ocena nośników (Sprechereerkennung und Tontragerauswertung), przy czym to ostatnie określenie jest oficjalną specjalnością biegłych.

Należało jeszcze doprecyzować czym fonoskopia ma się zajmować. Wykładnią dla sądów definiujących zakres badań fonoskopijnych stało się orzeczenie Sądu Najwyższego który w sprawie sygn. akt III K 49/61 z 10 1111961 orzekł: „(...) dowód z taśmy magnetofonowej stanowiącej dowód rzeczowy wymaga przeprowadzenia z kolei dowodu na okoliczność identityczności zarówno utrwalonych głosów jak i samej taśmy a także braku w niej zmian”.

Zakładano że nowa dziedzina kryminalistyki powinna zajmować się nagraniami w szerokim zakresie: analizą mowy, treści rozmów oraz parametrów technicznych zapisu magnetofonowego. Ze względu na zakres badań miała też reprezentować podejście interdyscyplinarne, dlatego powinna być uprawiana przez zespoły eksperckie, a nie - jak to jest praktykowane w wielu innych badaniach kryminalistycznych, np. w ekspertyzach pismoznawczych - przez indywidualnych biegłych. Pierwsza w Polsce komórka badań fonoskopijnych została utworzona na początku lat 60. XX wieku w Zakładzie Kryminalistyki Komendy Głównej MO. Na jej czele stanął późniejszy wieloletni naczelnik Wydziału Fonoskopii - Stanisław Błasikiewicz.

Bez wątplenia Stanisławowi Błasikiewiczowi należy się miejsce wśród innych pionierów fonoskopii na świecie, do których zaliczają się L.G. Kersta z USA - autor określenia voiceprint, W. Gierasimow z ZSRR i Ch. Koristka z NRD9. Spadkobiercą dorobku pierwszej polskiej pracowni fonoskopii jest obecnie Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Komendy

Główniej Policji. Kolejnymi były pracownia fonoskopii Urzędu Ochrony Państwa oraz pracownia Instytutu Ekspertyz Sądowych Obydwie ukształtowały metodykę badawczą pod wpływem dorobku CLK KGP⁵

Przełomową pracą, która umożliwiła lepsze zrozumienie mechanizmów powstawania dźwięków mowy, była publikacja G. Fanta.⁶ Autor przedstawił w niej teorię powstawania sygnałów mowy oraz modelowanie układu artykulacyjnego. Teoria ta została opracowana w oparciu o wyniki pomiarów techniką radiologiczną przekrojów toru głosowego podczas artykulacji samogłosek języka rosyjskiego oraz głosek języka szwedzkiego i angielskiego. Narząd mowy został przedstawiony w postaci rury o zmiennym przekroju, podzielonej na skończoną liczbę segmentów elementarnych. Fant zawarł w swojej pracy akustyczną teorię wytwarzania mowy. Struktura ta modeluje emisję dźwięków przez usta do przestrzeni trójwymiarowej. O ile przekroje rurek modelujących narządy mowy mogą być kojarzone z rzeczywistym polem przekroju poprzecznego narządów mowy, o tyle fizycznie znaczenie pola przekroju rurek modelujących emisję nie jest tak jednoznaczne.⁷

Oprócz G. Fanta, na szczególną uwagę zasługują również prace J. Flanagana, K. Ishizakiego, I. Titzego oraz Polaka J. Kacprowskiego. Autorzy ci w podobny sposób definiują swoje modele, zmieniając szczegóły opisujące poszczególne elementy traktu głosowego, co w mniejszym lub większym stopniu odwzorowuje rzeczywiste procesy zachodzące podczas artykulacji mowy.⁸ W Polsce badania nad modelowaniem toru głosowego wykonane dla głosek języka polskiego są efektem prac m.in. H. Konecznej, W. Zawadowskiego.⁹

Źródło krtaniowe, które jest jedynym źródłem energii akustycznej przy wypowiedzaniu samogłosek i spółgłosek spełnia podstawową rolę w procesie przekazywania informacji za pomocą mowy. Źródło krtaniowe decyduje o poprawnej artykulacji głosek dźwięcznych oraz określa równocześnie aktualny stan narządu (aparatu) mowy.

Przyjęta metoda modelowania jest oparta na wyznaczeniu funkcji transmitancji traktu głosowego, określonej na podstawie pomiarów kine-

5 W. Maciejko, J. Rzeszotarski, T. Tomaszewski, *50 lat polskiej fonoskopii*, „Problemy Kryminalistyki”, 2010, nr 269, s. 69-83.

6 M. Kłaczyński, *Zjawiska wibroakustyczne w kanale...* op.cit.

7 Por.: G. Fant, *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague 1960.

8 Ibidem.

9 Por.: H. Koneczna, W. Zawadowski, *Przekroje rentgenograficzne głosek polskich*, Warszawa 1951.

rentgenograficznych jego konfiguracji geometrycznej. Badania te prowadzą do postulatu, że ułożenie i stan narządów mowy pozwala w sposób jednoznaczny określić artykułowaną głoskę oraz sygnalizowany przez nią fonem.¹⁰ Uzyskiwane w ten sposób wyniki dla różnych grup językowych pozwalały na automatyczną syntezę i rozpoznawania mowy. Niezbędne jednak był skojarzenie dobrze rozumianych z punktu widzenia fonetyki i fonologii cech artykulacyjnych głosek z cechami akustycznymi. Od lat 80-tych ubiegłego wieku, wraz z rozwojem techniki, nastąpił zdecydowany postęp w tych badaniach. Obecnie aparatura pozwala na szybką i wygodną cyfrową rejestrację sygnałów mowy, a powszechność i dostępność komputerów osobistych na ich dokładną obróbkę i przetwarzanie.¹¹

Z omówionych dotychczasowych badań wynika, że prace wielu uczonych dotyczyły następujących zagadnień i procesów:

- generowania i emisji mowy,
- modelowania elektroakustycznego i mechanicznego toru głosowego – syntezy i analizy sygnału mowy,¹²
- kodowania sygnału mowy,¹³
- funkcjonowania i kształtowania prawidłowej mowy, leczenia zaburzeń mowy, funkcjonowania narządów mowy oraz występujących zaburzeń i wad mowy,
- cech osobniczych występujących w sygnale mowy (dla celów kryminalistycznych), segmentacji automatycznego rozpoznawania sygnału mowy,¹⁴
- diagnostyki medycznej, oceny zmian patologicznych i deformacji mowy w stosunku do przyjętych wzorów językowych.¹⁵

Zauważalny jest zatem brak odpowiednich wibroakustycznych modeli sygnału głosowego dla gwar polskich. Poszukiwane są wszelkie czynniki, parametry, które w sposób obiektywny pozwolą wykryć i zarejestrować zmiany w sygnale głosowym materiału gwarowego w stosunku do materiału wzorcowego ogólnego języka polskiego. Opracowane na podstawie

10 H. Koneczna, W. Zawadowski, *Przekroje rentgenograficzne głosek polskich...*op.cit.

11 M. Kłaczyński, *Zjawiska wibroakustyczne w kanale...*op.cit.

12 W. Maciejko, *Biometryczne rozpoznawanie mówców w kryminalistyce*, „Problemy kryminalistyki”, 2012, nr 275, s. 19-27.

13 Ibidem.

14 K. Malik, *Uwarunkowanie językowe i pozajęzykowe procesu rozpoznania mówcy przez świadka ze słyszenia*, „Problemy kryminalistyki”, 2011, nr 271, s. 40-45.

15 M. Kłaczyński, *Zjawiska wibroakustyczne w kanale...*op.cit.

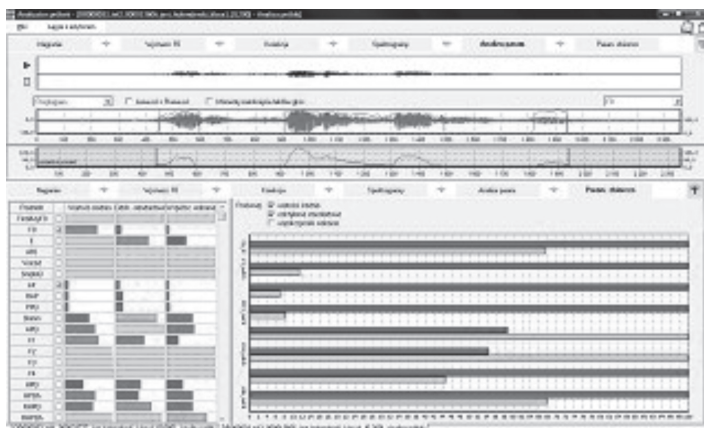
tych parametrów modele głosek gwarowych pozwoliłyby na dokładniejszą klasyfikację dowolnie badanego sygnału akustycznego mowy.

SZCZEGÓŁOWA METODOLOGIA BADAŃ

VoicePrints to oryginalne środowisko do analizy porównawczej próbek głosu pod kątem identyfikacji mówców, zawierające kompleksową analizę spektrograficzną i parametryczną. Odnajduje zastosowanie w fonoskopii, gdzie wykorzystywany jest do identyfikacji głosu. W badaniach w ramach stosowana jest nowa ulepszona wersja tego produktu software'owego, która zawiera następujące funkcje:

Podział pracy dzielący się na dwie części:

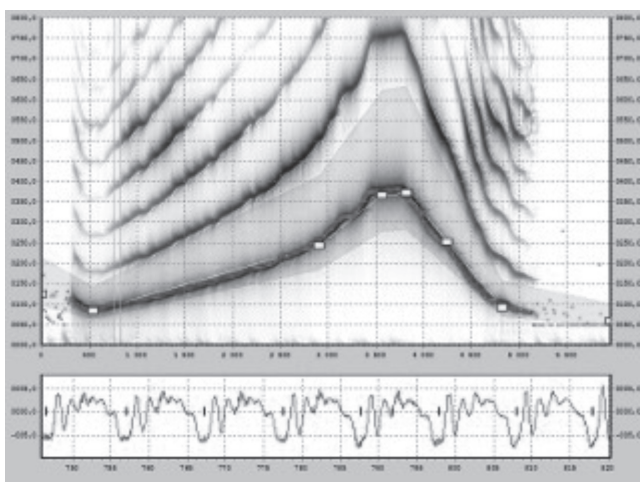
- edytor próbek – pierwsza część analizy pozwalająca na podział nagrań na pojedyncze próbki głosu do porównania oraz ich klasyfikację do odpowiednich grup,
- analizator próbek – druga część analizy umożliwiająca poddanie próbek analizie akustycznej, a następnie porównywanie ich ze sobą.
- Program umożliwia również:
- równoległą pracę na dowolnej liczbie próbek głosu,
- bezpośredni dostęp do wszystkich próbek z analizowanej klasy,
- kilkustopniowe wycinanie próbek do porównania z analizowanym nagraniem,
- zaawansowane porównanie za pomocą standardowych parametrów akustycznych;



Przykładowy wynik pracy programu VoicePrints: porównanie parametrów akustycznych. (źródło: <http://www.diagnova.pl/pl/>)

Analizę częstotliwości podstawowej (F0):

- średnia,
- wartości maksymalne i minimalne,
- stabilność,
- rozszerzona statystyka,
- wykscerpowanie próbki odniesienia – próbka wybierana przez użytkownika, względem której porównywane są pozostałe,
- tworzenie oscylogramów z funkcją powiększania,
- tworzenie spektrogramów różnego rodzaju (szeroko- i wąskopasmowe, rezonansowe, synchronizowane z F0, ze zwiększonym kontrastem i usuwaniem formantów,
- analizę parametryczną z zaawansowaną statystyką,
- analizę formantową,
- proste kopiowanie wykresów z programu do popularnych edytorów tekstu.



Przykładowy wynik analizy częstotliwości podstawowej.

(źródło: <http://www.diagnova.pl/pl/>)

Analiza statystyczna otrzymanych wyników umożliwia określenie różnic pomiędzy badanymi gwarowymi zjawiskami fonetycznymi a wzorcową samogłoską [a].

Dlatego też, „danych, których dostarcza fonetyka akustyczna, pozwalają dziś na obiektywne, precyzyjne i wyczerpujące charakteryzowanie

dźwięków w mowie. Ponadto technizacja warsztatu badawczego językoznawcy, zwłaszcza dialektologa-fonetyka, jest konieczna jeśli wyniki jego badań mają być porównywalne z poziomem innych nauk (...)¹⁶

ZAKOŃCZENIE

Językoznawstwo ma szerokie zastosowanie w badaniach kryminalistycznych, np. jedną z takich dziedzin jest fonetyka akustyczna, nazywana też fonoskopią lub akustyka kryminalną¹⁷. Jednak jak wskazują badania, wykorzystanie metod fonoskopijnych w wykrywaniu sprawcy, nie jest łatwym zadaniem¹⁸. Dlatego też aby uwiarygodnić opinie ekspertów identyfikujących mówców powstają nowe metody badawcze głosu (czy to audytywne, czy cyfrowe) oraz środowiska do analizy próbek głosu, które wpływają na bardziej rzetelne i dokładniejsze analizy głosu.

Jedną z takich metod akustyki cyfrowej jest analizator próbek głosu VoicePrints, stworzony specjalnie dla potrzeb opinii biegłych fonoskopów. Jednocześnie należy podkreślić, iż ta metoda ma również zastosowanie w badaniach językoznawczych – czy to języka ogólnego, czy gwar. Ze względu na dużą ilość komponentów, umożliwiających porównywanie parametrów akustycznych stanowi on wsparcie, np. dla dialektologów, wykorzystujących w większości przypadków metody audytywne w swoich badaniach terenowych. Badanie regionalnych cech głosu z pomocą nowych metod akustycznych wpływa tym samym na bardziej szczegółowe wyniki badań.

BIBLIOGRAFIA

1. Adamczyk J., Krzyworzeka P., Łopacz H., *Systemy synchronicznego przetwarzania sygnałów diagnostycznych*, Kraków 1999.
2. Basztura Cz., *Źródła, sygnały i obrazy akustyczne*, Warszawa 1998.
3. Basztura Cz., *Komputerowe systemy diagnostyki akustycznej*, Warszawa 1996.
4. Basztura Cz., Myślecki W., *Metody parametryzacji sygnału mowy dla automatycznego rozpoznawania głosów*, Wrocław 1990.

16 J. Garczyńska, *Zastosowanie metod fonetyki...* op.cit.

17 K. Malik, *Uwarunkowania językowe i pozajęzykowe...* op.cit.

18 A.D. Yarmey, A.L. Yarmey, M.J. Yarmey, L. Parliament, *Commonsense beliefs and the identification of familiar voices*, "Applied Cognitive Psychology", 2001, nr 14, s. 283-299, [za:] K. Malik, *Uwarunkowania językowe i pozajęzykowe...* op.cit., s.44.

5. Benni T., *Fonetyka opisowa języka polskiego; z obrazami głosek polskich podług M. Abińskiego*, Wrocław 1959.
6. Benni T., *Palatogramy polskie. 100 zdjęć palatograficznych na 63 rysunkach z tekstem objaśniającym*, Kraków 1931.
7. Błasikiewicz S., Miściuk A., Wójcik W., *Podstawowy zakres badań fonoskopijnych prowadzonych w Zakładzie Kryminalistyki KG MO*, „Problemy Kryminalistyki” 1967, nr 67-68, s. 303-327.
8. Błasikiewicz S., *Metoda odsłuchu szeptu i mowy intensywnie zakłóconej*, „Problemy Kryminalistyki” 1971, nr 90, s. 159-183.
9. Błasikiewicz S., Bednarczyk W., *Metoda badań autentyczności zapisu magnetofonowego*, „Problemy Kryminalistyki” 1978, nr 131, s. 34-50.
10. Błachut J., Gaberle A., Krajewski K., *Kryminologia*, Gdańsk 1999.
11. Dejna K., *Dialekty polskie*, Wrocław 1993.
12. Dłuska M., *Fonetyka polska: artykulacje głosek polskich*, Kraków 1986.
13. Dubisz S., *Dialekty i gwary polskie*, Warszawa 1995.
14. Dukiewicz L., Sawicka I., *Fonetyka i fonologia*, pod red. H. Wróbla, Kraków, 1995.
15. Dunaj B., *Język mieszkańców Krakowa. Cz. 1, Zagadnienia teoretyczne, fonetyka, fleksja*, Kraków 1989.
16. Dunaj B., *Zasady poprawnej wymowy polskiej*, *Język Polski* LXXXVI z. 3, 2006.
17. Dunn H. K., *The calculation of vowel resonances and electrical vocal tract*, *Acoustics Soc. America*, 1950, 22, s. 740-755.
18. Engel Z., Modrzejewski M., Wszolek W., *Akustyczna Ocena operacji krtani z wykorzystaniem parametrów tonu podstawowego*, *Zeszyty Naukowe AGH Mechanika*, t. 16, z.1, 1997, s. 67-79.
19. Engwall O., *Vocal track modeling in 3D*, *STL-QPSR 1-2/1999*, s. 31-38.
20. Everest F.A., *Podręcznik akustyki*, Katowice 2004.
21. Fant, G., *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague 1960.
22. Flanagan J. L., *Speech analysis, synthesis and perception*, Berlin, Heidelberg, New York 1970.
23. Gabelman B. Ch., *Analysis and synthesis of pathological vowel*, *Doctoral Thesis*, University of California, Los Angeles 2003.
24. Garczyńska J., *Zastosowanie metod fonetyki akustycznej w badaniach dialektologicznych (na przykładzie akcentowanej samogłoski [a], [w] Gwary dziś 4. Konteksty dialektologii*, pod red. J. Sierociuka, *Poznań* 2007, s. 237-247.

25. Ishizaka K., *What makes the vocal cords vibrate?*, Proc. of the 6th Int. Congress on Acoustics, vol. II, Tokyo 1968, s. 9-12.
26. Izydorczyk J., *Modelowanie sygnału mowy uwzględniające fizyczny mechanizm jej artykulacji*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
27. Jassem W., *Podstawy fonetyki akustycznej*, Warszawa 1973.
28. Kacprowski J., *Akustyczne modele organu mowy*, Prace IPPT PAN, Warszawa 1982.
29. Kacprowski J., *An acoustical model of the vocal tract for the diagnostics of cleft palate*, Speech Analysis and Synthesis, 1981, vol. 5, s 165-183.
30. Keller E. (editor), *Fundamentals of Speech Synthesis and Speech Recognition*, Univ. of Lausanne, Chichester UK 1994.
31. Kłaczyński M., *Zjawiska wibroakustyczne w kanale głosowym człowieka*, Rozprawa doktorska Katedra Mechaniki i Wibroakustyki AGH, 2007 [w] <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9873/full9873.pdf>.
32. Koneczna H., Zawadowski W., *Przekroje rentgenograficzne głosek polskich*, Warszawa 1951.
33. Koneczna H., *Charakterystyka fonetyczna języka polskiego na tle innych języków słowiańskich*, Warszawa 1965.
34. Kudela K., *A study of optimal formant frequency values of Polish Vowels using syntehtics speech*, Speech Analysis and Synthesis (red. W. Jassem), vol. 2, PWN, Warszawa 1970.
35. Kurek H., *Metodologia socjolingwistycznego badania fonetyki języka mówionego środowisk wiejskich : (na przykładzie kilku wsi Beskidu Niższego)*, Kraków 1990.
36. Kurek H., *Przemiany językowe wsi regionu krośnieńskiego: studium socjolingwistyczne*, Kraków 1995.
37. Maciejko W., Rzeszotarski J., Tomaszewski T., *50 lat polskiej fonoskopii*, „Problemy Kryminalistyki”, 2010, nr 269, s. 69-83.
38. K. Malik, *Uwarunkowanie językowe i pozajęzykowe procesu rozpoznania mówcy przez świadka ze słyszenia*, „Problemy kryminalistyki”, 2011, nr 271, s. 40-45.
39. Moszczyński J., *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych*, Olsztyn 2011.
40. Nowakowska W., Gubrynowicz R., Źarnecki P., *On the model of vocal tract dynamics*, Archives of Acoustics, 1993, vol 18, no 4, s. 525-537.

41. Ostaszewska D., Tambor J., *Fonetyka i fonologia współczesnego języka polskiego*, Warszawa 2008.
42. Ozimek E., *Podstawy teoretyczne analizy widmowej sygnałów*, Poznań 1985.
43. Rabiner L. R., *Fundamentals of speech recognition*, Prentice-Hall 1993.
44. Ramanarayanan V., *Analysis of pausing behavior in spontaneous speech using real-time magnetic resonance imaging of articulation*, University of Southern California, Los Angeles, California 2009.
45. Rybka P., *O potrzebie ujednoczenia analizy artykulacyjnej obrazów głosek i jej prezentacji transkrypcyjnej. Spostrzeżenia i propozycje*, [w:] *Język z różnych stron widziany*, Biblioteka LingVariów, tom 3, Kraków 2009.
46. Stevens K. N., *Acoustics Phonetics*, Cambridge 1998.
47. *Studia dialektologiczne*, pod red. Bogusława Dunaja i Jerzego Reichana, t. 1, Kraków 1996.
48. *Studia nad polszczyznę mówioną Krakowa. 1*, pod red. Bogusława Dunaja, Kraków 1981.
49. *Studia nad polszczyznę mówioną Krakowa. 2*, pod red. Bogusława Dunaja, Kraków 1984.
50. *Studia nad polszczyznę mówioną Krakowa. 3*, pod red. Bogusława Dunaja i Kazimierza Ożoga, Kraków 1991.
51. Sun X., *The Determination, Analysis, and Synthesis of Fundamental Frequency*, Doctoral Thesis, Northwestern University, Evanston, Illinois 2002.
52. Sungbok L., *A Study of Emotional Speech Articulation using a Fast Magnetic Resonance*, University of Southern California, Los Angeles.
53. Szczepankowski B., *Fonetyka akustyczna, audytywna i wizualna : wybrane zagadnienia*, Warszawa 1985.
54. Tadeusiewicz R., *Sygnal mowy*, Warszawa 1988.
55. Tadeusiewicz R. Flasiński M., *Rozpoznawanie obrazów*, Warszaw 1991.
56. Titze I., *A Four-Parameter Model of the Glottis and Vocal Fold Contact Area*, *Speech Comm.*, 1989, 8, s. 191-201,
57. Titze I., Strong W., *Normal mode in vocal cord tissues*, *Journal Acoustics Society America*, 1975, 57, s. 736-744.
58. Urbańczyk S., *Zarys dialektologii polskiej*, Warszawa 1976.
59. Weirich M., Simpson A. P., *Differences in Acoustic Vowel Space and the Perception of Speech Tempo*, *Journal of Phonetics*, vol. 43, s. 1-10.

60. Wierzchowska B., *Fonetyka i fonologia języka polskiego*, Wrocław 1980.
61. Wójcik W., Błaskiewicz S., *Podstawowe zasady pobierania materiału porównawczego do badań identyfikacyjnych mowy*, „Problemy Kryminalistyki” 1969, nr 80-81, s. 577-589.

Strony internetowe

62. <http://www.diagnova.pl/pl/>
63. <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9873/full9873.pdf>