

Kinga Sapieja, dr hab. inż. Agnieszka Ozga

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

WYKORZYSTANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW AKUSTYCZNYCH DO ANALIZY KRAJOBRAZU DŹWIĘKOWEGO

Artykuł artystyczno-badawczy

Spis treści

Wstęp 37

Opis wskaźników wykorzystywanych w ekologii akustycznej 38

Opis wybranych do analizy próbek dźwiękowych 40

Analiza wskaźników za pomocą testu Kruskala–Wallisa 41

Wnioski 42

Bibliografia 43

Abstrakt

Praca ma na celu zbadanie, czy współcześnie wykorzystywane wskaźniki akustyczne mogą mieć zastosowanie w monitorowaniu krajobrazu dźwiękowego ze szczególnym zwróceniem uwagi na ochronę enklaw cisy występujących w środowisku urbanistycznym. Badanymi współczynnikami były: ACI – wskaźnik złożoności akustycznej, NDSI – wskaźnik znormalizowanej różnicy w krajobrazie dźwiękowym, BI – wskaźnik bioakustyczny, ADI – wskaźnik różnorodności akustycznej, AEI – wskaźnik równomierności akustycznej. W ramach pracy została utworzona baza 90 nagrań dźwiękowych, która została subiektywnie podzielona na trzy grupy: miejsca spokojne, miejsca rozrywki oraz miejsca, w których panuje hałas. Na tym etapie wykazano, że najczęściej rozróżnione zostały nagrania z miejsc spokojnych i miejsc rozrywki. W przypadku współczynnika BI nie udało się rozróżnić żadnej grupy.

Słowa kluczowe

ACI – wskaźnik złożoności akustycznej, NDSI – wskaźnik znormalizowanej różnicy w krajobrazie dźwiękowym, BI – wskaźnik bioakustyczny, ADI – wskaźnik różnorodności akustycznej, AEI – wskaźnik równomierności akustycznej, krajobraz dźwiękowy i ekologia akustyczna

Wstęp

Termin „krajobraz dźwiękowy” (ang. *soundscape*) został wprowadzony przez Alvina Luciera, ale to kompozytor R. Murray Schafer¹ zdefiniował pojęcie całościowo rozumianego środowiska dźwiękowego w danym czasie i w danym miejscu. Wraz z pojawieniem się pojęcia „krajobraz dźwiękowy” zrodziła się nauka, która poprzez dźwięk analizuje relacje człowieka z jego otoczeniem². W ten sposób uformowała się ekologia krajobrazu dźwiękowego (ang. *soundscape ecology*), która zajmuje się także przyporządkowywaniem krajobrazu dźwiękowego do kontekstu geograficznego. W ramach prac identyfikowane są dźwiękowe wzorce antropogeniczne i biologiczne oraz występujące między nimi interakcje. Ponadto naukowcy kładą nacisk na potrzebę rozwoju narzędzi do badania tych wzorców oraz ich relacji ze środowiskiem³. Analiza całego środowiska naturalnego w kontekście akustyki została zdefiniowana jako ekologia akustyczna. Naukowcy zajmujący się tą dziedziną zgrupowani są w dwóch towarzystwach naukowych: Międzynarodowym Towarzystwie Ekoakustyki (International Society of Ecoacoustics⁴) i Światowym Forum Ekologii Akustycznej (World Forum for Acoustic Ecology⁵). Głównym obszarem zainteresowań ekoakustyki jest badanie dźwięków antropogenicznych, biofonicznych i geofonicznych oraz ich wzajemnych relacji i wpływu na środowisko. Jednym z zadań ekologii akustycznej jest promowanie interdyscyplinarnego podejścia do rozwoju narzędzi do pozyskiwania i analizy danych poprzez łączenie kompetencji w zakresie mikroelektroniki, przetwarzania sygnałów i technologii informacyjnej.

W niniejszej pracy podjęto się analizy dziewięćdziesięciu próbek dźwiękowych. Dane zgromadzono w postaci plików w formacie WAV. 83 nagrania pochodzące z różnych stron świata zostały pobrane ze strony BBC Sound Effects⁶, pozostałe nagrania zostały zarejestrowane w Krakowie jesienią 2021 roku.

Jako podstawowe narzędzie analizy zgromadzonych danych wykorzystano bibliotekę napisaną w środowisku R⁷, która umożliwia obliczanie wartości wskaźników wykorzystywanych w ekologii akustycznej. Zgromadzona baza plików dźwiękowych została podzielona w subiektywny sposób na

- 1 R.M. Schafer, *Muzyka środowiska*, tłum. D. Gwizdalanka, Kraków 1982, „Res Facta” 9, s. 288–315; M. Kapelański, *Narodziny i rozwój ekologii akustycznej pod banderą szkoły pejzażu dźwiękowego*, „Muzyka”, 50 (2005), nr 2, s. 107–119.
- 2 S. Bernat, *Perspektywy ekologii dźwiękowej w Polsce*, „Problemy Ekologii Krajobrazu”, 25 (2009), s. 175–182; A. Ozga, K. Czajczyk, D. Mleczko, J. Wierzbicki, M. Nózka, A. Lyn, J. Ideczak, K. Juros, D. Wójcik, *Alternatywne przestrzenie publiczne: Mateczny–Borek Fałęcki: przyszłość dźwięku w mieście*, red. B. Gibała-Kapecka, T. Kapecki, Kraków 2019; B. Gibała-Kapecka, T. Kamisiński, T. Kapecki, *O dźwięku, akustyce i hałasie w przestrzeni miasta*, Kraków 2019.
- 3 B.C. Pijanowski, L.J. Villanueva-Rivera, S.L. Dumyahn, A. Farina, B.L. Krause, B.M. Napoletano, S.H. Gage, N. Pieretti, *Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape*, „BioScience”, 61 (2011), issue 3, p. 203–216.
- 4 International Society of Ecoacoustics (ISE), website <https://sites.google.com/site/ecoacousticssociety/about> [dostęp: 5.01.2022].
- 5 World Forum for Acoustic Ecology WFAE, website <http://wfae.net/index.html> [dostęp: 5.01.2022].
- 6 <https://sound-effects.bbcrewind.co.uk/search> [dostęp: 02.02.2022]
- 7 L.J. Villanueva-Rivera, B.C. Pijanowski, *Package ‘Soundecology’*, March 5, 2018, <http://github.com/ljvillanueva/soundecology/issues> [dostęp: 02.02.2022]

trzy grupy: miejsca spokojne, miejsca rozrywki i miejsca, w których panuje hałas. Podział ten został dokonany poprzez odsłuchanie każdego z plików oraz analizę spektrogramów nagranych krajobrazów dźwiękowych.

Celem przeprowadzonych badań jest weryfikacja przydatności metody w monitorowaniu krajobrazu dźwiękowego oraz specjalnie projektowanych enklaw ciszy w miastach. Enklawa ciszy to przestrzeń odgrodzona od niepożądanych dźwięków miasta. Przestrzeń o takich właściwościach może powstawać w naturalny sposób, poprzez odpowiedni układ budynków i roślinności w mieście.

Ze względu na dynamiczny rozwój infrastruktury w miastach, jego mieszkańcy coraz częściej są narażeni na nieprzyjemny krajobraz dźwiękowy, co ma negatywny wpływ na zdrowie⁸. Rozwój badań w kierunku ekologii akustycznej może być pomocny w projektowaniu bardziej przyjaznej przestrzeni dla mieszkańców.

Opis wskaźników wykorzystywanych w ekologii akustycznej

ACI (ang. *acoustic complexity index*) to wskaźnik złożoności akustycznej. Został opracowany w 2008 roku przez A. Farinę i D. Morriego⁹ w celu wykonywania analizy krajobrazu dźwiękowego pod kątem różnorodności śpiewu ptaków. Definicja tego współczynnika zakłada, że dźwięki biofoniczne charakteryzują się dużą zmiennością natężenia, natomiast dźwięki antropogeniczne prezentują względnie stałe wartości. Wskaźnik ACI został opracowany w taki sposób, aby był niewrażliwy na zakłócenia w postaci hałasu spowodowanego działalnością człowieka oraz na odległość rejestratora od źródła dźwięku. Badania przeprowadzone przez autorów tego wskaźnika w Apeninach Toskańsko-Emiliańskich wykazały silną dodatnią korelację między wartością współczynnika ACI a różnorodnością gatunkową ptaków występujących na badanych nagraniach. Tendencja ta rośnie wraz z długością kroków czasowych analizowanych próbek ze względu na możliwość zawarcia w dłuższym nagraniu pełnego śpiewu osobnika.

ADI (ang. *acoustic diversity index*)¹⁰ to wskaźnik różnorodności akustycznej. Jego wartość zwiększa się wraz z równomiernością sygnału dla różnych częstotliwości. Sygnał równomierny, na przykład zaszumiony w całym paśmie częstotliwości, da wysoką wartość tego współczynnika, natomiast czysty ton (cała energia jest skupiona w jednym paśmie) da wynik bliższy 0. Najwyższe wartości tego wskaźnika występują dla nagrań o wysokiej zawartości dźwięków geofonicznych i antropogenicznych, takich jak wiatr albo przejazd ciężarówki, lub dla próbek pochodzących z bardzo cichych

8 Directive 2002/49/ED of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.

9 N. Pieretti, A. Farina, D. Morri, *A New Methodology to Infer the Singing Activity of an Avian Community: The Acoustic Complexity Index (ACI)*, "Ecological Indicators", 11 (2010), issue 3, p. 868–873. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.11.005.

10 L.J. Villanueva-Rivera, B.C. Pijanowski, J. Doucette, B. Pekin, *A Primer of Acoustic Analysis for Landscape Ecologists*, "Landscape Ecology", 26 (2011), issue 9, p. 1233–1246. doi: 10.1007/s10980-011-9636-9.

nagrań o niewielkim zróżnicowaniu między pasmami częstotliwości. Najniższe wartości zaobserwowano w przypadku nagrań charakteryzujących się dominacją wąskiego pasma częstotliwości, na przykład nocnego hałasu owadów. Według opracowania L.J. Villanuevy-Rivery⁹ współczynnik ten ma zastosowanie w zakresie częstotliwości 0–10 kHz i oblicza entropię Shanona dla nagrania. Algorytm obliczeń polega na podziale widma częstotliwości na 10 równych dyskretnych przedziałów o szerokości 1 kHz i ocenie proporcji bloków FFT, które zawierają energię powyżej określonego progu (domyślnie –50 dBFS) w każdym dyskretnym przedziale częstotliwości.

NDSI (ang. *normalized difference soundscape index*)¹¹ to wskaźnik znormalizowanej różnicy w krajobrazie dźwiękowym. Na jego podstawie można określić poziom zakłóceń antropogenicznych w krajobrazie dźwiękowym poprzez obliczenie stosunku ilości dźwięków wytworzonych przez człowieka do tych wytworzonych przez zwierzęta w nagraniu poddawanemu analizie. Wartości współczynnika NDSI w danej lokalizacji mogą być zmienne w zależności od pory dnia i roku, dzięki temu może on być przydatny do obserwacji zmian występujących w krajobrazie dźwiękowym. Badania S.H. Gage’a¹², B.M. Napoletano i M.C. Coopera polegające na analizie wielu nagrań zebranych w kilku lokalizacjach wykazały, że dźwięki mechaniczne występują najczęściej w przedziale między 1 a 2 kHz, natomiast dźwięki biofoniczne w zakresie 2–8 kHz. P. Devos w swojej pracy¹³ przyjął przedział dźwięków emitowanych przez zwierzęta w paśmie 2–11 kHz¹⁴.

BI (ang. *bioacoustic index*) to wskaźnik bioakustyczny. Został opracowany przez N.T. Boelman¹⁵. Jest on obliczany na podstawie wystąpienia wartości mocy widmowej powyżej progu w paśmie częstotliwości 2–8 kHz lub 2–11 kHz. Jest to funkcja zarówno amplitudy, jak i liczby zajętych częstotliwości w paśmie 2–8 kHz lub 2–11 kHz. Obrazuje aktywność bioakustyczną. Wartość współczynnika jest zależna od najcichszego dyskretnego przedziału częstotliwości o szerokości 1 kHz. Wyższe wartości tego współczynnika wskazują na rozbieżność pomiędzy najgłośniejszym a najcichszym przedziałem. Najwyższe wartości tego wskaźnika uzyskano dla odgłosu cykad, które charakteryzują się wysoką amplitudą i jej minimalną zmiennością pomiędzy kolejnymi dyskretnymi przedziałami częstotliwości.

AEI (ang. *acoustic evenness index*) to wskaźnik równomierności akustycznej⁹. Bogate akustycznie siedliska mogą dawać niskie wartości tego współczynnika, ponieważ w nasyconych dźwiękowo krajobrazach występuje niewielkie zróżnicowanie natężenia dźwięku pomiędzy pasmami częstotliwości.

- 11 E.P. Kasten, H.G. Stuart, J. Fox, W. Joo, *The Remote Environmental Assessment Laboratory's Acoustic Library: An Archive for Studying Soundscape Ecology*, "Ecological Informatics", 12 (2012), p. 50–67. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2012.08.001.
- 12 S.H. Gage, B.M. Napoletano, M.C. Cooper, *Assessment of Ecosystem Biodiversity by Acoustic Diversity Indices*, "Journal of the Acoustical Society of America", 109 (2001), issue 5, p. 2430.
- 13 P. Devos, *Soundecology Indicators Applied to Urban Soundscapes*, Conference: Inter Noise 2016, Hamburg, [https://www.ingentaconnect.com/content/ince/incep;jsessionid=192bkrfsi4e91.x-ic-live-03] [dostęp: 02.02.2022].
- 14 S.H. Gage, B.M. Napoletano, M.C. Cooper, *Assessment of Ecosystem Biodiversity by Acoustic Diversity Indices*.
- 15 N.T. Boelman, G.P. Asner, P.J. Hart, R.E. Martin, *Multi-trophic Invasion Resistance in Hawaii: Bioacoustics, Field Surveys, and Airborne Remote Sensing*, "Ecological Applications", 17 (2007), p. 2137–2144.

Wskaźnik ten jest związany z ADI, lecz ma odwrotną dystrybucję wartości – wyższe wartości tego współczynnika wskazują na większą nierównomierność pomiędzy dyskretnymi przedziałami częstotliwości, natomiast wysokie wartości są identyfikowane z dominacją wąskiego pasma częstotliwości. Uzyskany rozkład różnych przedziałów częstotliwości jest indeksowany za pomocą wskaźnika Giniego. Indeks mieści się w zakresie od 0 do 1.

Opis wybranych do analizy próbek dźwiękowych

Zestaw zgromadzonych próbek dźwiękowych został podzielony na trzy kategorie: miejsca spokojne, miejsca przeznaczone na rozrywki i miejsca, w których panował hałas. Nagrania w większości pochodzą z Natural History Unit¹⁶. Przykładowe nagrania krajobrazu dźwiękowego sklasyfikowane jako miejsca spokojne obejmowały krajobrazy dźwiękowe z następujących miejsc:

- katedra św. Pawła w Londynie,
- afrykańska plaża w spokojny dzień,
- ogród botaniczny z Oceanii,
- azjatycki las w pobliżu morza,
- azjatycka łąka o świcie,
- pustynia w Azji,
- okolice jeziora w Ameryce Północnej,
- las monsunowy w Azji.

Nagrane sygnały zawierają śpiew różnych gatunków ptaków, odgłosy różnych gatunków owadów, szum morza, szum wiatru, ciszę w katedrze i w bibliotece, szepty.

Przykładowe próbki dźwiękowe sklasyfikowane jako miejsca rozrywki obejmują:

- wyścigi konne,
- francuską restaurację,
- bar,
- taniec Baronga,
- muzykę kameruńską,
- plac zabaw,

- fragmenty festiwalu,
- plemienną muzykę w Irian Jaya,
- muzykę uliczną,
- krajobraz dźwiękowy na Wawelu, nagrania wykonane przez Kingę Sapieję w ramach pracy inżynierskiej.

Krajobraz dźwiękowy miejsc, w których panował hałas, obejmował między innymi:

- ruchliwą ulicę,
- wytwórnię masła,
- warsztat,
- plac budowy,
- drogę szybkiego ruchu,
- wyścig samochodowy,
- roboty drogowe,
- dworzec King's Cross.

Analiza wskaźników za pomocą testu Kruskala–Wallisa

Wyliczone wskaźniki ekologii akustycznej nie pochodzą z populacji o rozkładzie normalnym, co zostało zweryfikowane za pomocą testu Shapiro–Wilka. Do zweryfikowania, czy próbki dźwiękowe nagrane w miejscach spokojnych, w miejscach przeznaczonych do rozrywki i w miejscach, w których panował hałas, są rozróżnialne, wykorzystano test Kruskala–Wallisa¹⁷. Jest to nieparametryczna wersja klasycznej jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA i analizuje więcej niż dwie grupy. W środowisku MATLAB, zgodnie z dokumentacją, test ten zakłada, że wszystkie próbki pochodzą z populacji o takim samym rozkładzie ciągłym dla obserwacji, które są wzajemnie niezależne.

Sformułowano hipotezę zerową oraz hipotezę alternatywną:

Hipoteza zerowa:

H₀: F(x) = F₀(x) – wszystkie próbki pochodzą z populacji o takim samym rozkładzie ciągłym.

17

A. BenSaïda, *Shapiro-Wilk and Shapiro-Francia Normality Tests*, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/13964-shapiro-wilk-and-shapiro-francia-normality-tests> [dostęp: 5.01.2022].

Hipoteza alternatywna:

H1: $F(x) \neq F_0(x)$ – nie wszystkie próbki pochodzą z populacji o takim samym rozkładzie ciągłym.

Wnioskowanie:

We wszystkich przypadkach, dla których wartość p jest mniejsza od wartości $\alpha = 0,05$, było możliwe rozróżnienie pomiędzy przyjętymi grupami.

Dźwięk jest przestrzenny, dlatego badania zostały przeprowadzone zarówno dla nagrań z prawego, jak i lewego kanału oraz dla próbek powstałych z uśrednienia tych kanałów. W przypadku, gdy wartość p była mniejsza od wartości $\alpha = 0,05$ wykonano testy *post hoc* mające na celu pokazanie, które grupy są rozróżnialne. Wyniki przeprowadzonej analizy zamieszczono w tabeli 1.

Kanał	ACI	NDSI	BI	ADI	AE
Lewy	Brak rozróżnienia między grupami	Rozróżnialny spokój i rozrywka	Brak rozróżnienia między grupami	Rozróżnialny hałas i rozrywka	Rozróżnialny hałas i rozrywka
Prawy	Rozróżnialny spokój i hałas	Rozróżnialny spokój i rozrywka	Brak rozróżnienia między grupami	Rozróżnialny spokój i rozrywka	Rozróżnialny spokój i rozrywka
Po uśrednieniu	Rozróżnialny spokój i hałas	Rozróżnialny spokój i rozrywka	Brak rozróżnienia między grupami	Rozróżnialny hałas i rozrywka	Rozróżnialny spokój i rozrywka

Tabela 1. Zestawienie wszystkich rozróżnialnych między sobą grup dla wszystkich badanych współczynników

Wnioski

Wskaźnik ACI jako jedyny rozróżnia między sobą spokój i hałas. Współczynnik NDSI dla każdego z kanałów i dla kanałów po uśrednieniu rozróżnił nagrania z miejsc spokojnych i miejsc rozrywki. W przypadku wskaźnika BI nie udało się odróżnić między sobą żadnej z grup niezależnie od analizowanego kanału. Współczynniki ADI i AEI w zależności od badanego kanału rozróżniały hałas i rozrywkę lub spokój i rozrywkę. Najczęściej rozróżnianymi grupami są spokój i rozrywka, a najrzadziej – spokój i hałas. W żadnym przypadku nie udało się odseparować od siebie wszystkich trzech miejsc, co oznacza, że do dalszych badań należy powiększyć zbiór próbek lub rozpocząć badania nad

nowymi współczynnikami związanymi z ekologią akustyczną. Po przeprowadzeniu badań wydaje się, że krajobraz dźwiękowy powinien być podzielony w inny sposób na klasy. Klasy powinny być związane z pewnymi grupami zdarzeń akustycznych – takich jak ruch uliczny czy muzyka uliczna. Trudno jednak na chwilę obecną określić, ile takich grup powinno być oraz jakie zdarzenia akustyczne powinny się w nich znaleźć. Będzie to tematem dalszych prac. Po przeprowadzeniu badań widoczne jest jednak, że żaden ze wspomnianych w artykule współczynników nie może być obecnie wykorzystywany do ochrony enklaw ciszy.

Bibliografia

- BenSaïda A., *Shapiro–Wilk and Shapiro–Francia Normality Tests*, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/13964-shapiro-wilk-and-shapiro-francia-normality-tests> [dostęp: 5.01.2022].
- Bernat S., *Perspektywy ekologii dźwiękowej w Polsce*, „Problemy Ekologii Krajobrazu”, 25 (2009), s. 175–182.
- Boelman N.T., Asner G.P., Hart P.J., Martin R.E., *Multi-trophic Invasion Resistance in Hawaii: Bioacoustics, Field Surveys, and Airborne Remote Sensing*, “Ecological Applications”, 17 (2007), p. 2137–2144.
- Devos P., *Soundecology Indicators Applied to Urban Soundscapes*, Conference: Inter Noise 2016, [<https://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp;jsessionid=192bkrfsi4e91.x-ic-live-03>] [dostęp: : 02.02.2022].
- Directive 2002/49/ED of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- Gage S.H., Napoletano B.M., Cooper M.C., *Assessment of Ecosystem Biodiversity by Acoustic Diversity Indices*, “Journal of the Acoustical Society of America” 109 (2001), issue 5, p. 2430.
- Gibała-Kapecka B., Kamiński T., Kapecki T., *O dźwięku, akustyce i hałasie w przestrzeni miasta*, Kraków 2019.
- Kapelański M., *Narodziny i rozwój ekologii akustycznej pod banderą szkoły pejzażu dźwiękowego*, „Muzyka”, 50 (2005), nr 2, s. 107–119.
- Kasten E.P., Stuart H.G., Fox J., Joo W., *The Remote Environmental Assessment Laboratory’s Acoustic Library: An Archive for Studying Soundscape Ecology*, “Ecological Informatics”, 12 (2012), p. 50–67. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2012.08.001.
- Ozga A., Czajczyk K., Mleczo D., Wierzbicki J., Nózka M., Lyn A., Idczak J., Juros K., Wójcik D., *Alternatywne przestrzenie publiczne: Mateczny–Borek Fałęcki: przyszłość dźwięku w mieście*, red. B. Gibała-Kapecka, T. Kapecki, Kraków 2019.

- Pieretti N., Farina A., Morri D., *A New Methodology to Infer the Singing Activity of an Avian Community: The Acoustic Complexity Index (ACI)*, "Ecological Indicators", 11 (2010), issue 3, p. 868–873. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.11.005.
- Pijanowski B.C., Villanueva-Rivera L.J., Dumyahn S.L., Farina A., Krause B.L., Napoletano B.M., Gage S.H., Pieretti N., *Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape*, "BioScience", 61 (2011), issue 3, p. 203–216.
- Schafer R.M., *Muzyka środowiska*, tłum. D. Gwizdalanka, Kraków 1982, „Res Facta” 9, s. 288–315.
- Villanueva-Rivera L.J., Pijanowski B.C., Doucette J., Pekin B., *A Primer of Acoustic Analysis for Landscape Ecologists*, "Landscape Ecology", 26 (2011), issue 9, p. 1233–1246. DOI: 10.1007/s10980-011-9636-9.
- Villanueva-Rivera L.J., Pijanowski B.C., *Package 'Soundecology'*, March 5, 2018, <http://github.com/ljvillanueva/soundecology/issues> [dostęp: 02.02.2022].

Utwór udostępniany na licencji [Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe](#)

Artykuł recenzowany

Wydawca: **Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie,
Wydział Architektury Wnętrz**

Redakcja: **prof. dr hab. Beata Gibała-Kapecka, dr Joanna Łapińska**

Opracowanie graficzne: Joanna Łapińska

Czasopismo „inAW Journal – Multidisciplinary Academic Magazine” powstało dzięki dofinansowaniu w ramach projektu „Projektowanie przyszłości – program rozwoju Akademii im. Jana Matejki w Krakowie na lata 2008–2022”



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny

