

MODELOWANIE JAKOŚCI AKUSTYCZNEJ ŚRODOWISKA ZURBANIZOWANEGO

Waldemar PASZKOWSKI

Streszczenie: W artykule przedstawiono możliwości modelowania jakości akustycznej w środowisku zurbanizowanym zagrożonym hałasem przy wykorzystaniu technologii map akustycznych. Opisane zostały propozycje wykorzystania własności akustycznych obiektów i mierników w kształtowaniu jakości akustycznej środowiska. W badaniach za celowe uznano opracowanie modelu wybranych cech jakości dźwięku wyrażający wrażenia percepcji dźwięku. Przedstawiono ogólną propozycję modelu jakości akustycznej środowiska zurbanizowanego uwzględniającego powyższe aspekty.

Słowa kluczowe: jakość akustyczna, środowisko zurbanizowane, mapy akustyczne, cechy obiektów, model jakości akustycznej środowiska

1. Wprowadzenie

Jakość akustyczna w środowisku zurbanizowanym miast zakłócana jest wypadkowym oddziaływaniem hałasu, na który składa się hałas pochodzący z wielu źródeł. W wielu przypadkach mamy do czynienia z występowaniem oddziaływania hałasu komunikacyjnego, przemysłowego, bądź oddziaływania kilku rodzajów hałasów równocześnie. Zagrożenie hałasem w środowisku miejskim spowodowane jest najczęściej negatywnym oddziaływaniem eksploatowanych pojazdów, maszyn i urządzeń. Emisja hałasu obiektów technicznych do otoczenia wywołana może być nieruchomymi i ruchomymi źródłami dźwięku.

Stosowana ocena akustyczna mieszkańców w środowisku miast zgodnie z [1, 2] przeprowadzana jest w sposób ilościowy na podstawie pomiarów parametrów akustycznych i ich symulacji. Wśród podstawowych wskaźników oceny hałasu wyróżnia się wskaźniki zalecane w dyrektywie 2002/49/WE stosowane przy realizacji map akustycznych oraz w długookresowej polityce ochrony przed hałasem. Powszechnie dla potrzeb identyfikacji stanu akustycznego środowiska i wyznaczenia jego prognozy stosuje się wskaźniki ilościowe oceny klimatu akustycznego, które odnoszone są następnie do poziomów dopuszczalnych dźwięku (L_{Aeq} , L_{DWN} , L_N , M). Wskaźniki ilościowej oceny odnoszą się tylko do zróżnicowanych parametrów: rodzajów źródeł, rodzajów zagospodarowania terenów, pory czasowej doby, wielkości przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu na badanym obszarze oraz ilości narażenia mieszkańców na ponadnormatywny hałas.

Specyfika oddziaływania hałasu na odbiorców charakteryzuje się subiektywizmem postrzegania różnych dźwięków. Wynika z tego, że dla każdego odbiorcy postrzeganie dźwięków i tym samym ocena jakości akustycznej w środowisku jest inna. Dlatego istotnym problemem badawczym staje się opracowanie jakościowego modelu akustycznego środowiska. Jakość akustyczna rozumiana jest jako stopień, gdzie suma poszczególnych zdarzeń powodujących uciążliwość słuchową jest na poziomie zadawalającym [3]. Podejmowane badania w tym obszarze koncentrują się na opracowaniu modelu jakości

akustycznej środowiska i następnie przeprowadzeniu jego oceny, z jednoczesnym uwzględnieniem stosowanych wskaźników ilościowej oceny narażenia na hałas.

Przykładowo, w pracy [4] podjęto badania oceny narażenia na hałas w środowisku zurbanizowanym z wykorzystaniem skali wskaźnikowej. Uwzględniono uśrednione wartości zagrożenia hałasem na placach zabaw oraz w pobliżu fasad budynków pochodzących ze źródeł hałasu komunikacyjnego, w bezpośredniej bliskości i w dalszych odległościach lokalizacji dróg. Dla każdego typu dróg wyznaczono uśrednione wagi uwzględniające poziomy dźwięku (z krokiem co 5 dB) docierające do placów zabaw oraz fasad budynków wraz z procentowym parametrem długości fasad budynku. Jako wynik oceny wyznaczono współczynnik odnoszący się do przyjętego zakresu skali poziomów dźwięku w zestawieniu z oceną poziomu hałasu akceptowalnego. Podejmowane próby standaryzacji jakości akustycznej okazały się do tej pory niezadawalające [5].

Stosowane badania w tym zakresie opierają się najczęściej na zastosowaniu kwestionariuszy ankiet wśród mieszkańców. Podejmowane są również badania polegające na powiązaniu subiektywnej oceny akustycznej mieszkańców z fizycznymi parametrami oceny dźwięku w środowisku dla potrzeb wyznaczenia indeksowanego wskaźnika np. rozkładu zrównoważonego klimatu akustycznego drogi [6].

Brak opracowania wzorca jakości akustycznej środowiska i tym samym brak standaryzacji w tym zakresie stwarza problem przyjęcia skalowania ocen środowiska, ze względu na występujące jakościowe aspekty percepcji dźwięków. Przyjęcie standaryzacji w zakresie oceny jakości akustycznej środowiska pozwoli z jednej strony na jego kwantyfikację, a z drugiej strony powinno umożliwić jego waloryzację przy uwzględnieniu specyfiki oddziaływania źródeł hałasu na mieszkańców.

Artykuł został opracowany w ramach badań statutowych o symbolu BK-223/ROZ-3/2015, nt.: "Znaczenie inżynierii produkcji w rozwoju innowacyjnych produktów i usług" realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej

2. Podobieństwo obiektów i atrybutów map akustycznych miast

Obiekty środowiska miejskiego odwzorowane na mapach akustycznych charakteryzują się pewną złożonością i różnorodnością. Stanowią one reprezentację modeli: struktur przestrzennych, materiałowych i źródeł hałasu. W ujęciu informacyjnym, modele obiektów znajdujących się na mapach akustycznych wyróżniają się podobieństwem i powtarzalnością cech [7]. Zasoby informacyjne oraz struktura warstwowa map akustycznych (GIS) reprezentowanych terenów zurbanizowanych pozwala wyodrębnić powtarzalne grupy modeli obiektów.

Do powtarzalnych grup cech obiektów reprezentujących środowiska akustyczne miast zaliczyć można: rodzaj i wielkość powierzchni użytkowej terenów, rodzaj i wielkość powierzchni obiektów infrastruktury, rodzaj materiałów powierzchni obiektów, rzeźbę terenu, źródła dźwięku. W zależności od sposobu zagospodarowania przestrzennego terenów modele grup obiektów zlokalizowanych na warstwach map akustycznych reprezentują na ogół:

- źródła dźwięku,
- budynki mieszkalne i niemieszkalne,
- budowle infrastruktury miejskiej (np. mosty, wiadukty)
- ciągi komunikacji pieszej, drogowej i kolejowej,
- rzeźbę terenu,

- tereny zielone,
- tereny cieków i zbiorników wodnych.

Zestawienie modeli obiektów na wybranej warstwie w odniesieniu do terenów o podobnym sposobie zagospodarowania, czy też w odniesieniu do innej/innych map akustycznych pozwala na dokonanie klasyfikacji i grupowania, ze względu na przyjęte miary podobieństwa cech. Przykładowo, dla warstwy budynków mieszkalnych wyróżnić można podobieństwo cech geometrycznych, materiałowych oraz struktur przestrzennych modeli obiektów. Klasyfikacja cech obiektów podobnych ze względu na przyjęte miary podobieństwa wykorzystane może być do opracowania modelu oceny mierników cech środowiska o charakterze nieakustycznym i akustycznym.

Reprezentacja zbioru cech nieakustycznych pozwala na skwantyfikowanie terenów środowiska miejskiego ukierunkowane na wyznaczenie podatności na jakość akustyczną. W tym obszarze, wyróżnić można stymulanty i destymulanty [8, 9, 10] wpływające na kształtowanie się jakości akustycznej w środowisku miejskim. Do destymulantów cech nieakustycznych świadczących o negatywnych tendencjach (obniżenie podatności) jakości środowiska zaliczyć można m.in.: intensywność skupienia budynków mieszkalnych, gęstość sieci ciągów komunikacyjnych, dominująca przewaga powierzchni i materiałów odbijających dźwięki, bliskie sąsiedztwo położenia ciągów komunikacyjnych z budynkami mieszkalnymi.

Skwantyfikowanie cech akustycznych związane jest z występowaniem podobnych modeli źródeł dźwięku, co w pierwszej fazie wymaga w indywidualnego podejścia i oceny, ponieważ związane są one bezpośrednio ze specyficzną naturą źródeł i występowaniem zmiennych parametrów emisji dźwięku (np. moc akustyczna, kierunkowość emisji, odległość źródło-odbiornik, czas trwania emisji). Występowanie wielu zmiennych o charakterze dynamicznym cech akustycznych źródeł oraz indywidualny charakter działania każdego źródła powoduje, że ocena podatności na jakość akustyczną środowiska nie powinna odnosić się tylko do reprezentatywnych cech modeli źródeł (parametrów), lecz do skutków ich postrzegania i oddziaływania.

W odniesieniu do podjętych badań własnych ocena ta uwzględniać powinna reprezentatywne cechy jakościowe immisji dźwięku wśród odbiorców. W związku z tym, dla potrzeb wyznaczenia jakości akustycznej środowiska oraz jej oceny celowe będzie poszukiwanie podobieństwa cech źródeł hałasu. Istotne będzie w tym obszarze wyznaczenie reprezentacyjnych cech jakościowych immisji dźwięku przy wyznaczeniu jakości akustycznej środowiska (np. dokuczliwość źródeł hałasu, charakterystyka widmowa działania źródła). Duża ilość cech wskazuje na możliwość zastosowania metod taksonomicznych [8, 10, 11, 17] dla potrzeb oszacowania jakości akustycznej środowiska.

3. Możliwości oceny własności akustycznych obiektów środowiska miejskiego

Wyznaczenie jakości akustycznej środowiska wpisuje się w koncepcję zrównoważonego rozwoju miast, która obecnie jest jednym z kluczowych elementów idei SmartCity [16]. W ujęciu środowiska akustycznego pojęcie zrównoważenia wymaga podjęcia zintegrowanych działań mających na celu ochronę środowiska ze względu na negatywne oddziaływanie źródeł hałasu, bez wystąpienia negatywnych skutków wpływających na jakość życia mieszkańców. Celowe i uzasadnione w tym względzie staje się podjęcie zaawansowanych badań nad wyznaczeniem modelu jakości akustycznej środowiska uwzględniającego rzeczywiste oddziaływanie i postrzeganie źródeł hałasu.

Kształtowanie jakości akustycznej środowiska zależy zarówno od mierników cech

obiektów o charakterze nieakustycznym i skutków oddziaływania źródeł jako reprezentacja cech jakościowych immisji dźwięku (rozdział 2). Jakościowe cechy immisji źródeł hałasu w środowisku zależą istotnie od własności materiałowych obiektów, ze względu na parametry pochłaniania i tłumienia powierzchni odbijających.

W ogólności, na rozkład całkowitej energii akustycznej wyemitowanej ze źródła w przestrzeni otwartej składa się energia fal: padających, odbitych i pochłoniętych. W rozproszeniu energii akustycznej dochodzą dodatkowo zjawiska dyfrakcji, refrakcji, interferencji, czy też występowania fal stojących. Skomplikowany proces rozproszenia energii akustycznej w przestrzeni otwartej od różnych źródeł przy występowaniu zjawisk falowych powoduje istotną trudność w oszacowaniu rozkładu poszczególnych części energii fal. Stanowi to dodatkowy problem kształtowania rozkładu energii akustycznej w środowisku.

W przestrzeni otwartej istotna część energii fal bezpośrednich ulega często wzmocnieniu poprzez fale pochodzące z odbić z wielu kierunków, gdzie część energii ulega następnie zmniejszeniu wraz ze wzrostem odległości od źródła. W szczególności, wraz ze wzrostem odległości od źródła na terenach zurbanizowanych z gęstą zabudową w większości przypadków mamy do czynienia lokalnie z występowaniem pola dyfuzyjnego. W przypadku odległości bliskiej odbiornika do źródła występuje pole bliskie, jednak stan taki w środowisku miejskim jest rzadko spotykany i ma na ogół charakter krótkotrwały.

Posługując się analogią oceny energii fal odbitych w pomieszczeniach do oceny energii fal odbitych w środowisku otwartym proponuje się oszacowanie własności akustycznych środowiska (np. energii pochłaniania) przez ocenę powierzchni pochłaniających obiektów, co jednocześnie stanowi dalekie uproszczenie w interpretacji pola dyfuzyjnego dla pomieszczeń i przestrzeni otwartej. Informacja o podatności powierzchni pochłaniających obiektów na pochłanianie energii akustycznej źródeł hałasu wskazywać może pewną miarę własności akustycznych środowiska. W ocenie własności akustycznych pomieszczeń stosuje się m.in. stałą pomieszczenia R_p uwzględniającą chłonność poszczególnych powierzchni przestrzeni zamkniętej [12].

$$R_p = \frac{A_k}{1 - \alpha_{sr}} = \frac{S_i \cdot \alpha_{sr}}{1 - \alpha_{sr}} \quad (1)$$

gdzie:

A_k - chłonność akustyczna k-tego przedmiotu lub k-tej osoby w pomieszczeniu [m^2]

S_i – powierzchnia o współczynniku α_i [m^2]

α_{sr} - średni współczynnik pochłaniania dźwięku

Zastosowanie formuły oceny pomieszczeń (1) w oszacowaniu własności akustycznych obiektów w środowisku pozwolić może na pozyskanie informacji o podatności powierzchni ograniczających obiektów na pochłanianie energii od źródeł hałasu. W tym podejściu nie chodzi o dokładne wyznaczenie wartości tzw. stałej środowiskowej w analogii do stałej pomieszczenia, lecz o pozyskanie informacji o własnościach akustycznych środowiska dla potrzeb jego klasyfikacji i wartościowania.

Zakłada się, że stała środowiskowa uwzględniać będzie zbiór potencjalnych powierzchni mogących powodować zjawiska odbicia dźwięków na wybranym obszarze oraz uśredniony współczynnik pochłaniania dźwięku wyrażający składowe współczynniki pochłaniania odpowiadające poszczególnym powierzchniom.

4. Problem opisu jakości akustycznej środowiska zagrożonego hałasem

Stosowana technologia tworzenia map akustycznych pozwala na wyznaczenie aktualnego i prognozowanego stanu akustycznego środowiska. Otrzymane wielkości rozkładu fizycznych parametrów akustycznych dźwięku mają wyłącznie charakter ilościowy. Występujący problem jakości akustycznej środowiska ograniczony jest z jednej strony brakiem regulacji prawnych w tym zakresie, z drugiej strony subiektywną oceną odbioru wrażeń akustycznych przez każdego z odbiorców. Dodatkowe problemy do rozwiązania stanowią: wybór reprezentatywnej cechy lub cech dźwięku wyrażającej/wyrażających subiektywną percepcję dźwięku, sposób oceny cechy/cech, zastosowanie metody wyrażającej w sposób obiektywny jakość akustyczną na podstawie otrzymanych ocen subiektywnych odbiorców.

Podjęmowane próby badawcze w zakresie oszacowania jakościowej oceny narażenia na hałas mieszkańców sprowadzają się najczęściej do stosowania metod ankietowych [13]. Zdaniem autora referatu wadą podstawową stosowania metod ankietowych w tego typu badaniach są przede wszystkim występujące zmienne warunki akustyczne oddziaływania źródeł w środowisku, co praktycznie uniemożliwia zapewnienie podobnego stanu akustycznego w każdym badaniu ankietowym. Dodatkowy problem metodyczny stanowi kwestia zróżnicowania doboru pytań i skali odpowiedzi w zależności od zmiennych warunków narażenia na hałas.

Do podstawowych subiektywnych cech percepcji dźwięku zalicza się [1]: głośność, wysokość i barwę dźwięku. Najnowsze tendencje w psychoakustyce pozwalają różnicować dodatkowo składowe barwy. Wyróżnić można ponadto fizyczną reprezentację: ostrości (acum), chropowatości (asper), subiektywnego czasu trwania (dura) oraz fluktuacji (vasil).

Wyniki przeprowadzonych badań nad wykorzystaniem reprezentatywnych cech dźwięku o charakterze subiektywnym w ocenie środowiska zagrożonego hałasem wskazują istotnie na znaczenie dokuczliwości hałasowej. W szczególności, wskazuje się na wieloelementowy aspekt dokuczliwości hałasowej, gdzie wskazuje się na głośność jako podstawowy czynnik dokuczliwości [14].

Własne badania wstępne w tym zakresie opierać się będą na wykorzystaniu głośności w ocenie dokuczliwości hałasowej. W ramach planowanych badań nad oceną dokuczliwości hałasowej zakłada się jako punkt wyjścia przeprowadzenie pilotażowych badań audiometrycznych mieszkańców narażonych na hałas drogowy. W ramach tych badań odtwarzane będą zarejestrowane podczas pomiarów sygnały akustyczne przejeżdżających pojazdów w odpowiednio skalibrowanej skali poziomu głośności. Pomiary w/w przeprowadzone zostały w wybranych punktach referencyjnych, w których jednocześnie dokonywany był pomiar poziomu dźwięku oraz nagrywanie sygnałów audio źródeł dźwięku. Zakłada się, że otrzymane wyniki badań audiometrycznych powtarzalne będą terytorialnie z uwzględnieniem różnych grup wiekowych mieszkańców, w relacji do przyporządkowania terenów miejskich o różnych funkcjach zagospodarowania przestrzennego.

Na podstawie oceny otrzymanych wyników przyjmuje się w toku dalszych badań opracowanie modelu cech jakości dźwięku. Prace nad opracowaniem standaryzacji jakości akustycznej środowiska w zakresie immersji dźwięku uwzględniać powinny między innymi związek wrażenia głośności w odniesieniu do częstotliwości źródła dźwięku, co pozwoli zidentyfikować wpływ rodzaju źródła na dokuczliwość hałasową.

5. Propozycja zastosowania mierników oceny jakości akustycznej środowiska

Mapy akustyczne stanowią istotne źródło informacyjne o środowisku miejskim. Odwzorowane modele obiektów na mapach pozwalają na pozyskanie wielu informacji ze względu na m.in. cechy geometryczne, cechy materiałowe, położenie obiektu, czy też topografię terenu. Odpowiednie zestawienie informacji o obiektach podobnych na mapach akustycznych wykorzystane może być do tworzenia uogólnionego modelu jakości akustycznej środowiska.

W ramach podjętych badań własnych, dla potrzeb identyfikacji jakości akustycznej środowiska zaproponowano wykorzystanie cech diagnostycznych obiektów środowiska zagrożonego hałasem komunikacyjnym. Przyjęto w opisie środowiska akustycznego zbiór cech opisujących cechy zarówno o charakterze nieakustycznym jak i akustycznym. W ramach przybliżonej oceny jakości akustycznej środowiska zaproponowano wykorzystanie zależności i relacji pomiędzy cechami obiektów za pomocą mierników. W szczególności [11]:

- jako mierniki o charakterze nieakustycznych uznano m.in.: udział terenów zabudowy mieszkaniowej w odniesieniu do całkowitej powierzchni terenów zabudowanych, udziału terenów aktywności rekreacyjnej w odniesieniu do całkowitej powierzchni terenów, udziału terenów zielonych w odniesieniu do powierzchni o różnym zagospodarowaniu, udziału materiałowego powierzchni ścian (przeszkód) w odniesieniu do wszystkich powierzchni ścian, udział powierzchni dróg w odniesieniu do całkowitej powierzchni terenów,
- do mierników o charakterze akustycznym zaliczono m.in.: udział ilości różnych rodzajów pojazdów w potoku natężenia ruchu, wielkość narażenia ludności na ponadnormatywny hałas w odniesieniu do populacji zamieszkałej, udział ludności w zasięgu krytycznej izolacji hałasu.

W toku prowadzonych badań nad opracowaniem postaci mierników do oceny jakości akustycznej środowiska za zasadne rozważa się rozszerzenie zaproponowanych mierników o zależności strukturalno-funkcjonalne, topologiczne i powiązań funkcjonalno-topologicznych obiektów środowiska [15].

Podjęmowane badania własne nad jakością akustyczną środowiska miejskiego wskazują na uzupełnienie zbioru mierników o charakterze akustycznym o opracowany model jakościowy miernika zagrożenia hałasem (rozdział 4). Zakłada się, że odpowiednio pogrupowane i sklasyfikowane mierniki podlegać będą oszacowaniu ze względu na cechy podobne obiektów map akustycznych. Istotne będzie na tym etapie ustalenie priorytetowych kryteriów środowiskowych i funkcji wartościującej dla potrzeb wyznaczenia jakości akustycznej. Ocena mierników cech podobnych w ujęciu kryterialnym daje możliwość opracowania modelu wzorca (poziomu odniesienia) jakości akustycznej środowiska. Zestawienie jakości akustycznej środowiska z modelem wzorca pozwoli w konsekwencji wartościować i kategoryzować tereny miejskie (w tym mapy akustyczne) pod kątem jakości akustycznej.

6. Propozycja reprezentacji modelu jakości akustycznej środowiska zurbanizowanego

Podobieństwo zagospodarowania terenów o takich samych funkcjach użytkowych przy wykorzystaniu proponowanych mierników oceny pozwala na opracowanie modelu wzorca jakości akustycznej dla reprezentatywnych grup terenów w środowisku o zróżnicowanym przeznaczeniu. Zestawienie wyników różnicowania pomiędzy stanem postrzegania

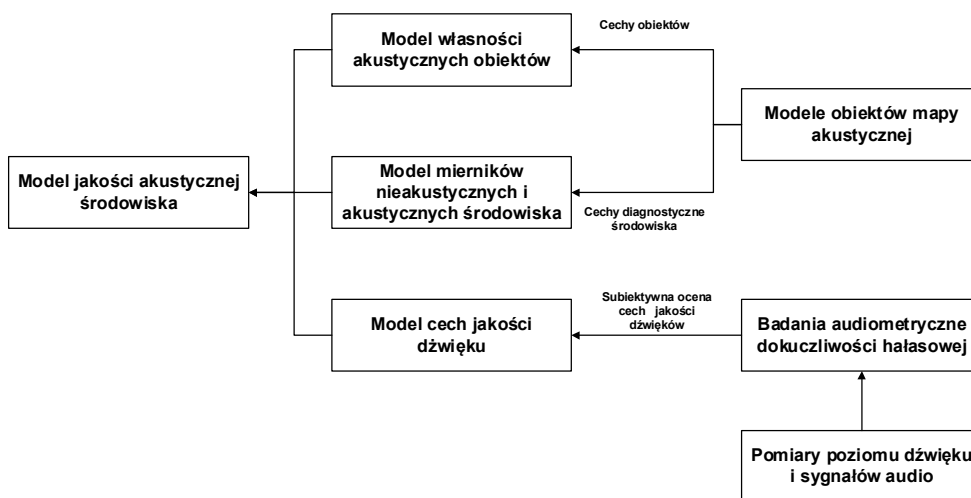
dźwięków w znaczeniu jakościowym środowiska zagrożonego hałasem i modelem wzorca umożliwić powinno skwantyfikowanie jakości akustycznej terenów zurbanizowanych.

Model jakości akustycznej terenów o określonym przeznaczeniu zastosowany może być w kształtowaniu na tych terenach krajobrazów dźwiękowych (*ang. soundscape*) oraz do wspomagania procesów planowania przestrzennego miast ze względu na kryteria jakości akustycznej. W tym ujęciu, dla zdiagnozowanej i ocenionej jakości akustycznej terenów zagrożonych hałasem możliwe staje się efektywne zarządzanie środowiskiem akustycznym w celu zapewnienia odpowiedniej jakości akustycznej w percepcji dźwięków wśród mieszkańców.

Przeprowadzone dotychczasowe badania własne nad wyznaczeniem jakości akustycznej środowiska zurbanizowanego wskazują na potrzebę opracowania złożonego modelu. Reprezentacja takiego modelu złożona może być z następujących postaci modeli cząstkowych (rys. 1):

- modelu własności akustycznych obiektów,
- modelu mierników cech nieakustycznych i akustycznych,
- modelu cech jakości dźwięku.

Przyjmuje się, że źródłem informacji do wyznaczenia własności akustycznych obiektów oraz mierników cech o charakterze nieakustycznym i akustycznym stanowi mapa akustyczna (rys. 1). W takim ujęciu, model jakości akustycznej środowiska wykorzystuje również stosowane wskaźniki ilościowe rozkładu parametrów akustycznych na mapach akustycznych. Rozmieszczenie cech obiektów na warstwach mapy pozwala na przeprowadzenie operacji identyfikacji, klasyfikacji i grupowania.



Rys. 1. Propozycja modelu jakości akustycznej środowiska zurbanizowanego wykorzystującego modele cząstkowe

W ramach podejmowanych badań nad opracowaniem poszczególnych modeli cząstkowych dla potrzeb wyznaczenia modelu jakości akustycznej środowiska zakłada się wykorzystanie odpowiednich metod oceny: cech obiektów, cech diagnostycznych środowiska, jakości dźwięku. Podjęte badania własne w tym obszarze wskazują na zastosowanie następujących metod/technik oceny:

- metody identyfikacji i klasyfikacji cech obiektów, metody sieci neuronowych, techniki teledetekcji w budowie modelu własności akustycznych obiektów,
- metody taksonomiczne w budowie modelu mierników nieakustycznych i akustycznych środowiska,
- metody skalowania głośności, metody statystyczne, metody sieci neuronowych w budowie modelu cech jakości dźwięku.

Uwzględniając powyższe podejście, integracja metod i modeli cząstkowych cech obiektów środowiska oraz cech jakości dźwięku umożliwi opracowanie postaci modelu jakości akustycznej środowiska zurbanizowanego (rys. 1).

7. Wnioski

Podjęte badania nad jakością akustyczną środowiska zurbanizowanego wskazują na wykorzystanie zróżnicowanych cech obiektów środowiska o znaczeniu nieakustycznym i akustycznym oraz wybranych cech jakości dźwięku. Proponuje się opracowanie modelu jakości akustycznej dla kategorii terenów o różnym przeznaczeniu zagospodarowania. Zakłada się, że model taki wykorzystywać będzie obiekty map akustycznych i złożony będzie z modeli obiektów (elementów), cech środowiska oraz modelu wybranych cech jakości dźwięku postrzeganych przez odbiorców. Prace nad kształtowaniem jakości akustycznej środowiska ukierunkowane będą na opracowanie formuły złożonego wskaźnika wyrażającego miarę jakości akustycznej. Podejmowane badania w zakresie oceny akustycznej środowiska wskazują na potrzebę włączenia oceny jakości akustycznej środowiska do map akustycznych. Dalsze prace nad opracowaniem modelu jakości akustycznej koncentrować się będą na wykorzystaniu informacji z map akustycznych przy użyciu zaawansowanych metod i technik.

Kształtowanie jakości akustycznej wpisuje się w zrównoważony rozwój miast jako jednego z ważnych obszarów środowiska wpływających na jakość życia mieszkańców. Zastosowanie zaawansowanych metod, technik i technologii w połączeniu z modelem jakości akustycznej środowiska zurbanizowanego wykorzystane może być do rozwijania koncepcji SmartCity w doskonaleniu jakości życia mieszkańców.

Ocena modelu jakości akustycznej dla zróżnicowanych terenów zurbanizowanych wykorzystana może być skutecznie w procesie planowania przestrzennego miast, jak również w monitorowaniu i zarządzaniu środowiskiem akustycznym.

Literatura

1. Kirpluk M.: Podstawy akustyki, NTL-M.Kirpluk. Podstawowe pojęcia i wielkości mające zastosowanie w państwowym monitoringu środowiska, źródło: <http://www.ios.edu.pl/bh/wskazniki.htm>, Warszawa, 2012
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1.10.2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z 2012 r. poz. 1109)
3. Geuit K.: Standardization of sound quality measurement, Noise-Con'96, USA
4. Rudno-Rudzińska B.: Analysis of acoustic environment on premises of nursery schools in Wrocław. Archives of acoustics, 35,2, 245-242 (2010)
5. Genuit K.: Sound quality aspects for environmental noise. Proc. Internoise 2002, USA
6. Loek van Laarhoven, Vinken R.: Noise-management in public space with the „Laarhoven-index”. Proc. Internoise 2012, USA
7. Paszkowski W.: Innowacyjna metoda oceny hałasu drogowego w środowisku miejskim.

- w: R. Knosala (red.): Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015, Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Zakopane luty 2015, tom 2, str. 810-818.
8. Młodak A.: Analiza taksonomiczna w statystyce regionalnej, Wydawnictwo Difin, Warszawa 2006.
 9. Panek T.: Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2009.
 10. Loska A., Dąbrowski M.: Modelowanie oceny polityki eksploatacyjnej sieciowego systemu technicznego w oparciu o metody taksonomii numerycznej. w: R. Knosala (red.): Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014, Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Zakopane luty 2014, tom 2, str. 700-713.
 11. Paszkowski W.: Identyfikacja cech diagnostycznych w ocenie środowiska zurbanizowanego zagrożonego hałasem, Mechanik 2015 R. 88 nr 7, s. 637-644.
 12. Cempel C.: Wibroakustyka stosowana, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Wyd. II , Warszawa 1989
 13. Welch D., Shepherd D., Dirks K., Tan Mei Yen: Towards a quantitative tool to assess the soundscape. Proc. Inter-noise 2014
 14. Kaczmarek T., Preis A.: Annoyance of time-varying road-traffic noise. Archives of acoustic, no. 35 (3), 2010, s. 383-393
 15. Propozycje wskaźników do oceny i monitorowania zagospodarowania przestrzennego w gminach ze szczególnym uwzględnieniem ładu przestrzennego. Raport z prac wykonanych w etapie I i II. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 2012, s. 69, 126
 16. Loska A. Review of opportunities and needs of building the SmartMaintenance concept within technical infrastructure system of municipal engineering. w: monografii pod red. R. Knosali: Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015, Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji, Zakopane marzec 2015, tom 2, str. 544-555.
 17. Loska A.: Methodology of variant assessment of exploitation policy using numerical taxonomy tools. Management Systems in Production Engineering 2015; No 2(18), pp 98-104.

Dr inż. Waldemar PASZKOWSKI
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
tel./fax (0-32) 277 73 11; (0-32) 277 73 62
email.: waldemar.paszkowski@polsl.pl