

hałas, systemy ekspertowe, systemy informacji przestrzennej

Artur JANOWSKI ¹
Jakub SZULWIC ²
Dominika WRÓBLEWSKA ³

SIP I SYSTEMY EKSPERTOWE W ZARZĄDZANIU HAŁASEM

W referacie przedstawiono koncepcję systemu ekspertowego, zintegrowanego z SIP, wspomagającego podejmowanie decyzji związanych z ochroną osiedli mieszkaniowych i centrów miast przed istniejącym hałasem transportowym. System nawiązuje do europejskiego i polskiego programu ochrony przed hałasem. Proponowany system opiera się częściowo na wynikach dostarczanych przez procedury programu ochrony, np. monitorowanie środowiska, sporządzanie map hałasu, programy ochrony środowiska i inne.

1. ZASTOSOWANIE SIP W OCHRONIE PRZED HAŁASEM

W związku z rosnącym zagrożeniem hałasem, przede wszystkim komunikacyjnym (drogowym, kolejowym i lotniczym) podejmowane są działania mające na celu zharmonizowanie zarządzania hałasem w krajach członkowskich UE, związane z kontrolą emisji hałasu, jego skutków społecznych i ekonomicznych, oraz wyborem optymalnego działania redukującego hałas. Procedury ochrony środowiska zostały ujednolicone Dyrektywą Unii Europejskiej [5] w sprawie oceny i zarządzania hałasem w środowisku oraz ustawą Prawo Ochrony Środowiska (POŚ) [13], która ściśle nawiązuje do ww. dyrektywy.

Dyrektywa nakłada obowiązek wykonywania map hałasu (map rozkładu poziomu dźwięku, map strategicznych, map konfliktów) dla terenów powyżej 100 tys. mieszkańców oraz wskazanych w uchwałach powiatu lub rozporządzeniach wojewody (POŚ) i na ich podstawie planów działań określających zasadnicze kierunki zarządzania hałasem dla obszaru charakteryzującego się ponadnormatywnym poziomem dźwięku [11][12].

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i GP, Instytut Geodezji

² Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Geodezji

³ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Geodezji

Obecnie część gmin zrealizowała mapy hałasu lub prowadzi prace przygotowawcze do ich tworzenia, aby mogły stanowić podstawę do opracowania planów działań. Do tego celu wykorzystywane są profesjonalne pakiety oprogramowania do modelowania i analizy poziomu dźwięku w przestrzeni otwartej⁴. Opierają się one na algorytmach obliczeniowych zawartych w wytycznych UE, a rezultaty przedstawiane są w postaci graficznej (mapy, przekroje) lub tabelarycznej. Są to programy kompatybilne z oprogramowaniem systemów informacji przestrzennej (SIP, ang. *GIS, Geographic Information System*) poprzez eksport i import danych. Z jednej strony stanowią one doskonałą bazę narzędziową, ale wyłącznie do tworzenia map, analiz związanych z oceną zagrożenia oraz pojedynczych rozwiązań redukujących hałas.

Ponieważ koszt oprogramowania jest wysoki, trwają prace badawcze nad wykorzystaniem w analizach związanych z hałasem metod i oprogramowania SIP. SIP staje się coraz bardziej popularnym narzędziem, a nawet standardem w planowaniu regionalnym, urbanistycznym, w zarządzaniu środowiskiem. Zaletą systemu jest możliwość wykonania kompleksowych badań opartych na aktualnych i wiarygodnych danych, oraz zmniejszenia czasochłonności analiz i kosztów.

Dotychczasowe zrealizowane systemy koncentrują się na tworzeniu modeli przestrzennych propagacji dźwięku i nieliczne, projektowane, na ocenie zagrożenia środowiska, jakie niesie hałas. SIP jest również wykorzystywany w analizach ekonomicznych związanych z hałasem, w planowaniu ruchu drogowego, kolejowego czy lotniczego [2][3][4][8][9]. Oznacza to, że brakuje systemu, który łączyłby wiedzę i umożliwiłby wykorzystanie jej w sposób kompleksowy w podejmowaniu decyzji dotyczących metod redukcji hałasu.

2. PLANY DZIAŁAŃ I NARZĘDZIA POZWALAJĄCE NA ICH REALIZACJĘ

Plany działań powinny zawierać główne założenia oraz podstawowe kierunki zarządzania emisją i skutkami hałasu, a także ochrony przed hałasem w kontekście polityki rozwoju całej gminy, z jednoczesnym uwzględnieniem kryteriów ekonomicznych.

Dotychczasowe działania mające na celu ochronę przed hałasem są podejmowane głównie na wniosek mieszkańców terenów, na których występuje ponadnormatywny hałas. Wybór określonego sposobu działania jest uzależniony od subiektywnej oceny inwestora, popartej kosztem realizacji, dostępnymi środkami finansowymi

⁴ MITHRA (Francja) www.01db.com, SoundPLAN (Niemcy) www.soundplan.com, IMMI (Niemcy) woelfel.de, Cadna/A (Niemcy) www.datakustik.de, LIMA A,B (Niemcy) www.stapelfeldt.de, ArcAkus (Finlandia) www.akusti.com, NoiseMap2000 (Wielka Brytania) www.noisemap2000.com, Predictor BK (Dania) www.bksv.com/bksv

oraz opinią wnioskodawców. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem w ograniczaniu emisji hałasu jest zastosowanie ekranu akustycznego i rzadko porównuje się go z innymi możliwymi rozwiązaniami. Oznacza to, że decyzja o wyborze rozwiązania może być nieoptymalna i w konsekwencji narazić inwestora na koszty niewspółmierne do skuteczności zastosowanego rozwiązania. **Brak obiektywnych kryteriów i procedur oceny działań chroniących przed hałasem lub redukujących hałas skutkuje brakiem możliwości dokonania optymalnego wyboru działania.**

W USA i w Japonii podjęto próby zdefiniowania systemu dla weryfikacji zastosowania ekranów wzdłuż autostrad wg zasad FHWA (ang. *Federal Highway Administration US*) [6] lub wykorzystania metody AHP [7] (ang. *Analytic Hierarchy Process*) w weryfikacji zabezpieczeń przeciwhałasowych. Pierwszy system ma za zadanie wykazać zasadność realizowania ekranu wzdłuż drogi w zależności od kosztów, oczekiwanej efektywności i opinii mieszkańców. Drugi system wspomaga decyzję dotyczącą wyboru jednego z trzech proponowanych rozwiązań technicznych elewacji budynku w zależności od subiektywnie postrzeganego poziomu hałasu przez testową grupę osób.

Równolegle w kilku ośrodkach trwają badania nad opracowaniem metody obliczania kosztów związanych z hałasem kolejowym. Analizom poddawane są zabezpieczenia akustyczne oraz koszty i zyski związane z ich realizacją. Między innymi Europejski Instytut Kolejnictwa (ang. *European Rail Research Institute*) wraz kolejami szwajcarskimi, francuskimi, niemieckimi i holenderskimi prowadzi prace nad systemem wspomagającym decyzje doboru metod ochrony przed hałasem kolejowym. Natomiast ośrodki takie, jak wspomniane FHWA, zajmują się wyłącznie kosztami transportu drogowego.

Efekty tych prac można wykorzystać w opracowaniu planów działań, jednak w kontekście aglomeracji i wielu źródeł hałasu są to dane cząstkowe.

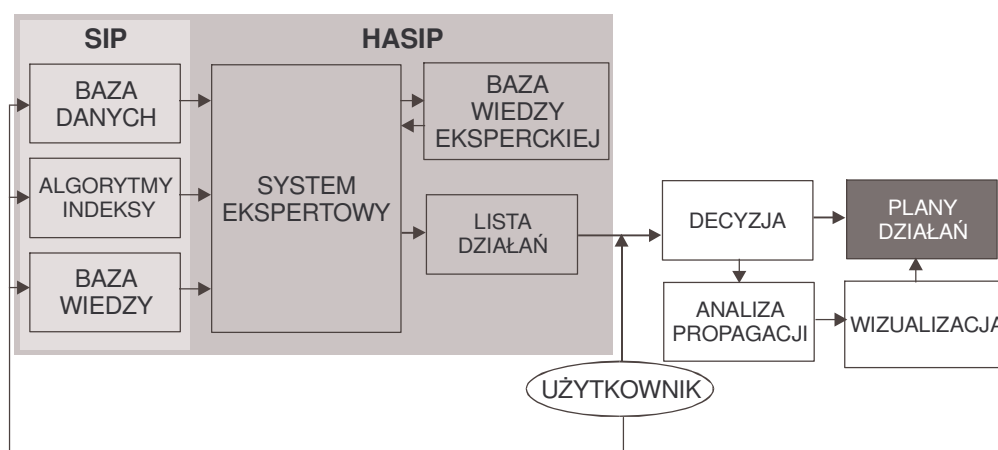
3. HASIP – KONCEPCJA SYSTEMU

Autorska koncepcja sprzężenia analiz ochrony przed hałasem z możliwościami SIP wzbogaconego modułem ekspertowym (system ekspertowy) jest kierowana w stronę uruchomienia systemu informatycznego, ujętego pod akronimem HASIP. Uruchomienie HASIP wiąże się z opracowaniem **metody wyboru optymalnego działania, lub zestawu działań, redukującego emisję hałasu transportowego (drogowy i szynowy) w terenie zurbanizowanym.** Jako funkcję celu przyjęto koszt obniżenia poziomu dźwięku o 1 dB na danym terenie podzielony przez liczbę osób zamieszkujących ten teren przy założeniu wystarczającej skuteczności zabezpieczenia.

Projektowana metoda, w przeciwieństwie do wskazanych powyżej, ma za zadanie wskazać zestaw działań chroniących przed hałasem lub go redukujących zarówno od pojedynczego źródła jak i od wielu źródeł z uwzględnieniem ich udziału w emisji

do środowiska oraz uciążliwością. Dla aglomeracji takich jak np. Trójmiasto, gdzie udział poszczególnych źródeł w emisji hałasu jest równoważny (np. w Trójmieście istnieje równoległa trasa torowiska PKP PLK do głównej trasy przelotowej przez Trójmiasto oraz częściowo do torowiska tramwajowego) metoda ta może mieć kluczowe znaczenie.

System (rys. 1) wskazuje możliwe rozwiązania na podstawie bazy danych oraz bazy wiedzy. Baza danych dzieli się na podzbiory zawierające: dane stałe (np. efektywność akustyczna danej metody, przepisy prawne) oraz dane zmienne (np. liczba mieszkańców, prędkość ruchu pojazdów, liczba skrzyżowań kolizyjnych). W skład bazy wiedzy wchodzi fakty oraz reguły opisujące zależności pomiędzy poszczególnymi obiektami i ich atrybutami np. efektywność akustyczna ekranu jest wprost proporcjonalna do jego wysokości. Spośród zestawu proponowanych rozwiązań wybranego na podstawie danych, system dokonuje optymalizacji decyzji ze względu na kryteria jakościowe (koszty, efektywność przedsięwzięcia ochronnego). Reprezentowane są one poprzez indeksy: koszt/efektywność, koszt/liczba ludności oraz niezawodności (rys. 2)



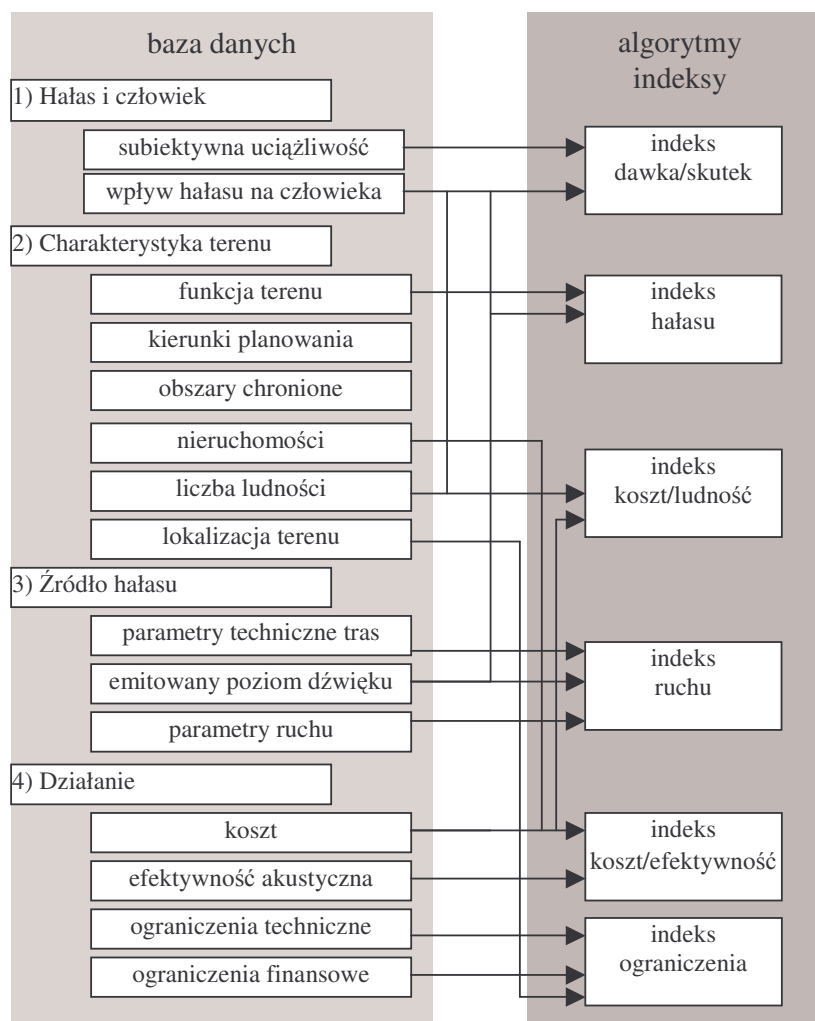
Rys. 1. Schemat systemu HASIP

Fig. 1. The scheme of HASIP system

4. SYSTEM EKSPERTOWY I SIP

Nowym zagadnieniem w pracach nad ograniczeniem oddziaływania hałasu jest odwołanie się do systemów ekspertowych w środowisku SIP. Znane są rozwiązania odwołujące się do procedur przypisanych SIP, ale zasadniczy proces oceny wpływu hałasu i jego redukcji odwołuje się do aplikacji wspartych na algorytmach przeprowadzających tok rozwiązania. Brakuje analiz odwołujących się do systemów

ekspertowych w SIP. Tymczasem systemami ekspertowymi są programy komputerowe analizujące zjawiska niepoddające się algorytmizacji i wspomagające podejmowanie decyzji, w których można wyróżnić bazę wiedzy, zawierającą wiedzę dziedzinową, oraz system wnioskujący, będący programem wykonywalny, korzystającym z bazy wiedzy dla wypracowania decyzji.



Rys. 2. Schemat baz wiedzy i danych oraz indeksy

Fig. 2. The scheme of databases and indexes

Baza wiedzy obejmuje zarówno wiedzę o charakterze logicznym, przedstawianą w postaci reguł typu „Jeżeli... to...”, jak i wiedzę proceduralną, wyrażaną w postaci modeli matematycznych.

Zaletą rozwiązania z odwołaniem się do systemu ekspertowego jest możliwość rozwiązywania problemów i zadań, dla których istnieją opracowane teorie rozwiązań, jednak utrudniona lub niemożliwa jest algorytmizacja rozwiązania i wskazanie wszystkich teoretycznie dostępnych wyników. Inną zaletą systemu ekspertowego jest możliwość przechowywania rzadkiej wiedzy ekspertowej i jej ułatwionej modyfikacji oraz ekstrakcji przez użytkownika, co umożliwia szybkie i tanie adaptowanie systemu ekspertowego do zmieniającej się wiedzy dziedzinowej. Równocześnie systemy ekspertowe gromadzą wiedzę pochodzącą z różnych źródeł i zasobów eksperckich, analizując dostępne rozwiązania i przekazując użytkownikowi kolejne wersje rozwiązań bazujących na gromadzonej bazie wiedzy eksperckiej. Jednoczesne rozszerzenie zagadnienia o implementację systemu ekspertowego w środowisku SIP pozwala na odwołanie się do uznanych i skutecznych procedur analiz geoprzestrzennych i zasad topologii, niezmiernie ważnych przy analizie hałasu i jego ograniczania w realnej przestrzeni geograficznej. Cechy SIP takie jak wiarygodność i aktualność danych oraz procedury kontrolne dla tych cech są nieoobojętne dla zarządzania hałasem. Nie bez znaczenia jest dedykowanie SIP dla analizy różnorodnych jakościowo (dane tekstowe, relacyjne bazy danych, zasoby kartograficzne) i ilościowo (pojedyncze cechy, rozbudowane drzewa atrybutów, wartości z rozproszonych punktów monitoringu) danych. Wobec specyfiki danych dostrzec należy też potrzebę obsługi abstrakcji, enkapsulacji, polimorfizmu i dziedziczenia, czyli obiektowości, co w środowisku SIP jest standardem, niezmiernie przydatnym w analizie zjawisk związanych z hałasem. Tymczasem zjawisko hałasu nieodłącznie wiąże się z analizami mającymi odniesienie do wspomnianych cech i topologii obiektów (przestrzeń topologiczna) z uwzględnieniem zależności kartograficznych (przestrzeń metryczna). Umieszczenie zarządzania hałasem w środowisku SIP jest więc z natury tak SIP, jak i zjawisk powiązanych z hałasem rozwiązaniem oczekiwanym. Skądinąd dostępne współcześnie programy [1] do tworzenia cyfrowych map hałasu są przystosowane do pobierania i udostępniania danych z/do wybranych SIP, jednak brak integracji oczekiwanej w przypadku wykorzystywania danych o hałasie w trybie *on-line* ogranicza funkcjonalność takich rozwiązań. Nie bez znaczenia jest także fakt, iż rozbudowane programy służące do tworzenia map hałasu nie znajdują szerokiego uznania u użytkowników przestrzeni z jednej strony z powodu braku łatwej i stałej współpracy z SIP, a z drugiej ze względu na różnorodność wdrożonych aplikacji obsługujących SIP. Tak więc funkcjonujące w Polsce cyfrowe mapy hałasu nie są powiązane z SIP, a stanowią samodzielną strukturę obrazującą układ źródeł hałasu i zagrożenie nim dla środowiska. W pojedynczych rozwiązaniach hałas jako zanieczyszczenie odkomunikacyjne występuje jako punktowy, ewentualnie powierzchniowy element danych zasilających SIP bez szczegółowych analiz geoprzestrzennych i topologicznych wpływających na propagację i ograniczenie hałasu.

Zatem budowanie dedykowanego systemu i aplikacji integrujących zagadnienia hałasu i SIP z użyciem systemów ekspertowych jest słusznym podejściem na drodze do optymalizacji prac nad oddziaływaniem i ograniczeniem wpływu hałasu. Dodatkowo autorzy zakładają analizę hałasu jako zjawiska przestrzennego, zależnego także od czasu i odczuć ludzkich. W ogólności przedsięwzięcia przewidywane do realizacji w ramach opisywanej koncepcji wraz z połączeniem danych z map hałasu, oraz innych źródeł powiązanych z hałasem, jego propagacją i ograniczaniem, z procedurami przypisanymi SIP i wykorzystanie możliwości systemów ekspertowych jest podejściem nowym i kompleksowym przy ocenie wpływu hałasu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo.

5. ZAKOŃCZENIE

Efektom prezentowanej koncepcji jest przystąpienie autorów do tworzenia systemu HASIP w wersji umożliwiającej wykorzystanie procedur odwołujących się do specyfiki SIP z możliwością analiz prowadzonych w środowisku systemów ekspertowych. Proponowany system:

- stanowi logiczne zamknięcie programu ochrony przed hałasem na poziomie lokalnym;
- systematyzuje wiedzę na temat ochrony przed hałasem komunikacyjnym, może więc być traktowany jako baza danych i służyć do weryfikacji przyjętych rozwiązań; zapewnia również możliwość ciągłej aktualizacji wiedzy;
- eliminuje powielanie analogicznych ekspertyz i analiz rozważanego problemu;
- nie uwzględnia wszystkich aspektów problemu ochrony przed hałasem wynikających z indywidualnego charakteru rozważanego miejsca, co pozwala na ingerencję użytkownika w całą rozciągłość procesu ochrony przed hałasem – tak w założenia projektowe, jak i w wynik końcowy analiz;
- nie narzuca jednoznacznego przypisania udziału kryteriów w całkowitej ocenie przedsięwzięcia powoduje, że system może stanowić narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji, a nie decydujące.

System HASIP, będąc obecnie na etapie projektu koncepcyjnego, może stać się narzędziem informatycznym i wsparciem technologicznym dla sprawnego zarządzania hałasem na terenach zurbanizowanych.

LITERATURA

- [1] BARYŻEWSKA K., MAZURKIEWICZ M.: *Analiza wpływu kształtu układu drogowo-ulicznego miasta na emisję zanieczyszczeń odkomunikacyjnych i hałasu przy ustalonych parametrach brzegowych na przykładzie Zabrze*. Politechnika Opolska, Opole, 2002.
- [2] BENGANG L., SHU T., DAWSONA R.W., JUN C., KINCHE L.: *A GIS based road traffic noise prediction model*. Applied Acoustics 63 (2002), 679-691.
- [3] BROWN A.L., AFFUM J.K.: *A GIS-based environmental modelling system for transportation planners..* Computers, Environment and Urban Systems 26 (2002), 577-590.
- [4] CIESIELKA W.; GOŁAŚ A.; ADAMCZYK J.: *Management of Environmental Noise on Cracow Based Example – Creating Information Layers*. The 34th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Internoise 2005, Rio de Janeiro, Brazylia, 7 - 10 sierpień, 2005
- [5] *Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady Unii Europejskiej z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie oceny i kontroli poziomu hałasu w środowisku*.
- [6] FHWA: *Highway Traffic Noise Analysis & Abatement. Policy and Guidelines*. U.S. Dept. of Transport, June, 1995.
- [7] FURIHATA K., NAGANO T., YANAGISAWA T.: *A new approach to decision making used to determine the best noise control technology by the analytical hierarchy process*. 17th International Congress on Acoustics, 2-7 Sept. 2001. Metoda ta jest stosowana w przypadku trudności przypisania wartości wagowych kryteriom biorącym udział w ocenie.
- [8] KLUIJVER H. De., STOTER J.: *Noise mapping and gis: optimising quality, accuracy and efficiency of noise studies*. The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering 27-30 August (2000), Nice, France.
- [9] KOMPAŁA. J.: *The utilisation of GIS and GPS Systems in creating acoustical databases in uter environment*. Archives of Acoustics, 27, 4, (2002) 291-302.
- [10] *Opracowanie krajowego systemu tworzenia i eksploatacji cyfrowych map akustycznych dużych i średnich miast dla potrzeb profesjonalnego planowania przestrzennego i celów szkoleniowych*. Decyzja Ministra Nauki, Przewodniczącego Komitetu Badań Naukowych nr 03460/C.T07-6/2003, Warszawa dnia 28.11.2003 r.
- [11] *Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 13 maja 1998 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku*. Dz.U. 1998 nr 66 poz. 436.
- [12] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 stycznia 2002 r. w sprawie wartości progowych poziomów hałasu*. Dz.U. 2002 nr 8 poz. 81.
- [13] *Ustawa Prawo Ochrony Środowiska*. Dz.U. 2001 nr 62, poz. 627.

GIS AND EXPERT SYSTEMS IN NOISE MANAGEMENT

The conception of an expert system, integrated with GIS software, supporting decisionmaking in protection of urban area from transportation noise is presented. The system is designed to be compatible with general European and Polish noise policy procedures and is to be the final procedure of the program. It is partly based on noise abatement procedures such as: noise monitoring, noise mapping and action plan stages.

Artykuł opiniował prof. dr hab. inż. Tomasz Strzelecki