



ANALIZA WPŁYWU DANYCH WYJŚCIOWYCH I PARAMETRÓW MODELI OBLICZENIOWYCH NA BŁĄD MAPY AKUSTYCZNEJ

The influence of input data and run details of calculations on accuracy of noise maps

Barbara Rudno-Rudzińska, Tomasz Habrat

Instytut Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej
barbara.rudno-rudzinska@pwr.wroc.pl

STRESZCZENIE

Wiarygodność i dokładność map pierwszej generacji tworzonych zgodnie z dyrektywę 2002/49/WE ma fundamentalne znaczenie, gdyż stanowią one będą podstawę do opracowania planu działań w zakresie ograniczenia hałasu, podejmowania decyzji w zakresie planowania przestrzennego, a w przyszłości będą tylko uaktualniane. W referacie przedstawiono wyniki badań symulacyjnych hałasu drogowego w terenie zabudowanym, w których analizowano wpływ parametrów formalnych modeli obliczeniowych i sposobu przetworzenia mapy cyfrowej terenu na dokładność wyników prognozy i czas obliczeń. Badania wykonane zostały dla wybranych testowych obszarów zurbanizowanych o standardowych wymiarach i różnym charakterze zabudowy, reprezentatywnym dla zabudowy mieszkaniowej występującej w kraju. Obliczenia zostały wykonane z wykorzystaniem programów IMMI i CADNA. Analizowano niepewność oceny wskaźników charakteryzujących klimat akustyczny na danym terenie: poziomu hałasu na I-szej linii zabudowy, zasięg oddziaływania hałasu, liczbę ludności i powierzchnię terenu narażoną na hałas.

1. WPROWADZENIE

Mapa akustyczna realizowana zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE jest mapą strategiczną, której celem jest diagnoza stanu istniejącego, wskazująca na główne źródła hałasu, obszary narażone na hałas, a także określająca liczbę osób i powierzchnię terenów narażonych na hałas. Mapy akustyczne dużych i średnich miast są obecnie sporządzane metodami obliczeniowo-pomiarowymi z wykorzystaniem technologii GIS, która umożliwia włączenie mapy akustycznej jako jednej z warstw tematycznych do systemu informacji przestrzennej miasta.

Wyniki badań pokazują, że nawet stosując te same modele obliczeniowe hałasu można uzyskać różne wyniki obliczeń, w zależności od przyjętych parametrów obliczeniowych modelu oraz danych wyjściowych do obliczeń. W pracy skupiono się na analizie błędów wynikających z doboru podstawowych parametrów formalnych modeli obliczeniowych: rozdzielczości siatki i liczby odbić uwzględnianych w obliczeniach. Zbadano także wpływ stopnia uproszczenia mapy terenu.

2. METODA I PROGRAM BADAŃ

Wykonany został cykl badań symulacyjnych z wykorzystaniem programów IMMI V5.05 firmy Woelfel i CADNA firmy DataKustic. Obliczenia wykonano dla hałasu drogowego, który stanowi główne źródło hałasu środowiskowego w miastach. Do badań wybrano cztery obszary o różnym charakterze zabudowy: a) zabudowa jednorodzinna, o gęstości: OB1 - 11,6%, OB2 - 12,9%, b) zabudowa wielorodzinna: OB3 - wysoka (XI k), 8,5%, OB4 - niska (III k), 10,3%. Dla każdej sytuacji wybrano obszary robocze o wymiarach 1200×500 m, zlokalizowane po jednej stronie drogi oraz obszar obliczeniowy 400×300 m i źródło hałasu o długości 1200 m (Rys.1). Dokonano transformacji układu współrzędnych tak aby uzyskać unormowane obszary prostokątne w układzie xy. Dla obszarów OB1 i OB3 dysponowano mapami cyfrowymi terenu, dla OB2 i OB4 dokonano ręcznej digitalizacji mapy.

Obliczenia hałasu drogowego wykonano według metod RLS90 i NMPB przy użyciu programu CADNA oraz według metody RLS90 z wykorzystaniem programu IMMI. Program badań obejmował analizę wpływu parametrów obliczeń na czas i dokładność obliczeń. Pozostałe parametry modeli obliczeniowych przyjęto jak dla standardowych ustawień programów CADNA i IMMI.

Dla sytuacji OB1-OB4 wykonane zostały obliczenia dla siatek o rozdzielczości: 100×100 m, 50×50 m, 20×20 m, 10×10 m, 5×5 m, 2×2 m, dla N=0 i N=1, przy użyciu komputerów klasy PC o różnych konfiguracjach, spełniających wymagania sprzętowe określone dla programów IMMI i CADNA: a) procesor Celeron 533 MHz, 256 MB RAM, b) procesor Athlon 2100 MHz, 512 RAM. Dla siatek 100×100, 50×50, 20×20, 10×10 m wykonano dodatkowe obliczenia N=2 i N=3. Wysokość siatki - $h_0 = 4$ m.

Przeprowadzono także eksperymenty mające na celu zbadanie wpływu stopnia uproszczenia cyfrowej mapy terenu. Import cyfrowej mapy terenu z systemu informacji przestrzennej miasta jest bardziej efektywnym sposobem niż tworzenie mapy terenu specjalnie na potrzeby mapy akustycznej. Jednak mapy takie wymagają przetworzenia ze względu na nadmiar szczegółowych informacji. Wykonano obliczenia dla map: 1) bezpośrednio importowanych, 2) uproszczonych automatycznie, gdzie z wykorzystaniem funkcji programów, dokonano uproszczenia kształtów budynków i eliminację powierzchni nieistotnych ze względu na obliczenia akustyczne, 3) uproszczonych ręcznie, w których usunięto budynki o małej wysokości, połączono budynki typu bliźniak w jeden obiekt, dokonano eliminacji tarasów, balkonów itp..

3. ANALIZA WYNIKÓW

Analizowano błędy obliczeń rozkładu poziomu dźwięku L_A na badanym obszarze, w tym poziomu hałasu na I-szej linii zabudowy i zasięgu oddziaływania hałasu oraz błędy wyznaczanych globalnych wskaźników oceny hałasu, takich jak: liczba ludności i powierzchnia terenu narażona na hałas.

Liczbę ludności narażonej na hałas (LLNH) o poziomie większym niż L_{AX} wyznaczano dwoma metodami: metodą tradycyjną, opartą na analizie wyznaczonych zasięgów oddziaływania hałasu oraz metodą stosowaną przy tworzeniu map cyfrowych, opartą na działaniach na rastrach. W metodzie (1) wartość LLNH wyznaczono proporcjonalnie do liczby klatek mieszkaniowych dla zabudowy wielorodzinnej lub liczby budynków jednorodzinnych, zinwentaryzowanych manualnie w zasięgu oddziaływania

hałasu o poziomie $L_A > L_{AX}$. W metodzie (2) do wyznaczenia wartości LLNH wykorzystano funkcję „Object-Scan” programu CADNA.

Do wyznaczenia powierzchni terenu narażonej na hałas (PTNH) o poziomie większym niż L_{AX} , wykorzystano możliwości programu CADNA. Przy operacjach na rastrach powierzchnia terenu narażonego na hałas jest wyznaczana proporcjonalnie do liczby węzłów (n) siatki, w których wartości poziomu dźwięku L_A są większe od L_{AX} .



Rys.1. Badana sytuacja urbanistyczne OBI: obszar roboczy i obszar obliczeń

4. WYNIKI

Czas obliczeń rozkładu poziomu hałasu w istotny sposób zależy od rozdzielczości siatki i liczby uwzględnianych odbić N, a także wykorzystywanego programu. Generalnie program CADNA jest programem szybszym. Dla $N = 1$ czas obliczeń programem CADNA był 5-7 razy krótszy niż dla IMMI, dla $N = 0$ - 1,5-2 razy. Czas obliczeń jest wprost proporcjonalny do prędkości procesora.

Czas obliczeń, a także jego wzrost ze wzrostem liczby odbić N zależy od charakteru i gęstości zabudowy. Przykładowe czasy (t) dla obliczeń metodą RLS programem CADNA, procesor Athlon 2100:

siatka	t [s] dla OB1, nb = 481				t [s] dla OB3, nb = 97			
	N0	N1	N2	N3	N0	N1	N2	N3
100x100	1	15	255	1847	< 1	< 1	4	12
50x50	2	54	603	5062	< 1	2	10	41
20x20	12	380	3229	27471	1	2	49	202

Dla siatki 20 x 20 dla OB1 czas obliczeń w stosunku do $N=0$ wzrasta: N1 – 32 razy, N2 – 269, N3 – 2289, a dla OB2 odpowiednio N2 – 49 razy, N3 – 202.

Skala wzrostu czasu obliczeń ze wzrostem rozdzielczości siatki w niewielkim stopniu zależy od liczby odbić N. Oszacowany średni wzrost czasu (t_x) obliczeń dla rozdzielczości siatki $X \times X$ względem czasu (t_{100}) dla siatki 100×100 wynosi:

siatka $X \times X$	50x50	20x20	10x10	5x5	2x2
t_x / t_{100}	3 ± 1	16 ± 3	60 ± 5	220 ± 20	1200 ± 200

Wprowadzone uproszczenia mapy terenu nie wpływają w istotny sposób na wyznaczone wartości poziomu dźwięku L_A , różnice < 1 dB, jednak w istotny sposób

wpływają na czas obliczeń. Stopień redukcji czasu nie zależy w istotny sposób od rozdzielczości siatki. Uzyskano redukcję czasu rzędu 2,5...3,6 razy dla OB1 oraz 1,3...3,3 dla OB3.

Największe różnice występują między poziomami dźwięku L_A wyznaczonymi dla $N=0$ i $N=1$ - w zasięgu oddziaływania hałasu o poziomie $L_A > 50$ dB różnice wynoszą 2...8 dB. Różnice między wynikami dla $N=2$ i $N=1$ wynoszą odpowiednio 0...2 dB, a dla $N=3$ i $N=2$ - 0...1 dB.

Rozdzielczość siatki obliczeniowej nie jest parametrem krytycznym przy wyznaczaniu zasięgu oddziaływania hałasu oraz globalnych wskaźników hałasu metodą tradycyjną. Metody interpolacji oraz ekstrapolacji umożliwiają wyznaczenie przebiegu linii jednakowego poziomu z 5 dB krokiem nawet gdy różnice między wartościami poziomu dźwięku L_A dla sąsiednich punktów są kilkakrotnie większe od kroku. Dla siatki o rozdzielczości mniejszej niż 20×20 może wystąpić błędna klasyfikację przedziału hałasu dla I-szej linii zabudowy, np. przedział 60-65 dB zamiast 65-70 dB.

Metoda wyznaczania globalnych wskaźników oceny hałasu na podstawie operacji rastrowych jest bardzo wrażliwa na rozdzielczość siatki obliczeniowej. Błąd oszacowania wartości LLNH i PTNH szybko rośnie ze wzrostem rozdzielczości siatki. Dla OB1 błąd oszacowania LLNH dla siatki 50×50 wynosi 50...100% a dla siatki 100×100 dochodzi do 300% w stosunku do wartości wyznaczonych dla siatki 10×10 . Dla OB3 błędy są mniejsze i wynoszą odpowiednio: 20...50% i 65...135%. Dla siatek o rozdzielczości większej niż 10×10 błędy są mniejszą od 10%.

5. WNIOSKI

Parametry modeli obliczeniowych hałasu w zasadniczy sposób wpływają na prognozowane wskaźniki hałasu i czas obliczeń stąd ich właściwy dobór w procesie tworzenia cyfrowych map akustycznych dużych i średnich miast ma zasadnicze znaczenie. Przyjęcie siatki 10×10 m i uwzględnienie pierwszego odbicia $N=1$ wydaje się być rozsądnym kompromisem między dokładnością i czasochłonnością obliczeń.

LITERATURA

1. CADNA/A, DataKustic. Instrukcja do programu.
2. Czuchaj J., Wykorzystanie programu komputerowego CADNA A do sporządzania map akustycznych. Materiały XXXI ZSZZW, Gliwice-Szczyrk, luty 2003 r.
3. W. Probst, B. Huber, A comparison of Different Techniques for the Calculation of Noise Maps of Cities. InterNoise 2001, The Hague, The Netherlands, 2001.
4. J. Stoter, H. Kluijver, Noise mapping nad GIS; Optimising quality and efficiency of noise effect studies. International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engin. Lyon, France, 2002.
5. B. Rudno-Rudzińska, K. Rudno-Rudziński, Znaczenie metod referencyjnych w praktyce opracowywania map akustycznych. Mat. XXXI ZSZZW, Szczyrk, 02.2003.

Pracę wykonano w ramach Projektu Celowego NR PC7/ROZ-5/2003 pt. „Opracowanie krajowego systemu tworzenia i eksploatacji cyfrowych map akustycznych dużych i średnich miast dla potrzeb profesjonalnego planowania przestrzennego i celów szkoleniowych”