

Uniformna raspodela incidentnih uglova znači da zvučna energija pogađa fasadu podjednako iz svih uglova. Funkcija gustine verovatnoće uglova incidencije dobijena na osnovu DAMAS2 algoritma za lokalizaciju ne poklapa se sa ostale dve funkcije gustine verovatnoće. U ovoj funkciji gustine verovatnoće postoje dva izražena lokalna maksimuma, koja odgovaraju pozicijama dve saobraćajne trake. Raspodela dobijena pomoću DAMAS2 algoritma u značajnoj meri odstupa od uniformne raspodele, odnosno od ujednačenosti zvučne energije koja pogađa fasadu. Sa Slike 7 uočava se da postoji povećana vrednost verovatnoće uglova bliskih 90°, koji su od posebne važnosti jer se za te incidentne uglove dobija najmanja vrednost zvučne izolacije fasadne pregrade.

Rezultati dobijeni u ovom merenju i korišćenjem tri različita algoritma daju različite raspodele uglova incidencije. Razlike su posledica osobina algoritama i njihovih ograničenja u realnim aplikacijama. Algoritam CB ima malu dinamiku prilikom lokalizacije zvučnih izvora, pa se dobija ujenačen nivo za ceo prostor koji se analizira. Ovakvo ograničenje CB algoritma dovodi do raspodele incidentnih uglova koja ne odgovara realnoj situaciji. Algoritam CLEAN-SC određuje tačno pozicije izvora u prostoru, međutim njegov rad bazira se na koherentnosti zvučnih izvora, pa neki zvučni izvori neće biti detektovani. Takvi izvori su u ovom merenju brze refleksije koje dolaze od trotoara ulice, pa se dobija ujednačena zvučna energija u tim zonama. Raspodela uglova incidencije dobijena na ovaj način daje bolji uvid u realnu situaciju od algoritma CB, ali i dalje nije potpuno tačna. DAMAS2 algoritam polazi od rezultata CB algoritma i dekonvolucionim tehnikama dolazi do stvarne raspodele zvučne energije. Rezultat lokalizacije zvučnih izvora pomoću ovog algoritma poklapa se sa očekivanim pozicijama zvučnih izvora za ovaj merni scenario. Zbog toga će i raspodela incidentnih uglova dobijena na ovaj način dati bolji uvid u realnu situaciju od prethodna dva algoritma.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je metodologija za određivanje raspodele incidentnih uglova buke na fasadnim površinama u urbanim uslovima. Prikazani su rezultati za jedan frekvencijski opseg, ali je metodologija ista za bilo koji opseg. Korišćen je neregularni planarni mikrofonski niz sa 24 mikrofona koji je dizajniran za ovu namenu. Korišćena su tri algoritma za određivanje lokacije zvučnih izvora u prostoru i prikazane dobijene razlike u lokalizaciji. Prikazani rezultati pokazuju složenu raspodelu incidentne zvučne energije u urbanim uslovima koja zavisi od mnogo parametara. Dobijeni rezultati pokazuju da raspodela uglova nije uniformna, odnosno da zvučno polje nije difuzno, što je pretpostavka prilikom raznih analiza. Ovaj rad je deo tekućeg istraživanja u kom se analizira raspodela uglova incidencije u urbanim uslovima, za razne konfiguracije terena, visine od ulice, broja saobraćajnih traka itd. Rezultati istraživanja treba da posluže za klasifikaciju fasada u urbanim uslovima.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta TR 36026 koga finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja

Republike Srbije. Autori posebno žele da se zahvale Branislavu Juranoviću i Milanu Koviniću bez kojih ovo istraživanje ne bi bilo moguće.

LITERATURA

- [1] C.Brutel-Vuilmet, C.Guigou-Carter, M.Villot, „A Study of the Influence of Incidence Angle on Sound Reduction Index Using NAH-Phonoscopy. Acta Acustica United with Acustica, 2007;Vol. 93: 364–374.
- [2] D. Šumarac Pavlović, F. Pantelić, S. Bojičić, M. Bjelić, „Airborne sound insulation of monolithic partition as a function of incidence angles“, Proc. Forum Acusticum, Krakow 2014.
- [3] G.Vermeir, G.Geentjens, W.Bruyninckx, „Measurement and calculation experiences on façade sound insulation“, Proc INTER-NOISE 2004.
- [4] ISO 140-5 „Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades“.
- [5] ISO 717-1:1996 „Acoustics – rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation“.
- [6] C. Buratti, E. Belloni, E. Moretti, „Façade noise abatement prediction: New spectrum adaptation terms measured in field in different road and railway traffic conditions“, Appl. Acoust. 2014;76:238–248.
- [7] J. Hald and J. Christensen, „A novel beamformer array design for noise source location from intermediate measurement distances“, J. Acoust. Soc. Am. 112, 2448, DOI: 10.1121/1.4780077, (2002).
- [8] M. Bjelić, M. Stanojević, D. Šumarac Pavlović, M. Mijić, *Microphone array geometry optimization for traffic noise analysis*, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol 141(5), 3101-3104 (2017).
- [9] T.F. Brooks, W.M. Humphreys, „A deconvolution approach for the mapping of acoustic sources (DAMAS) determined from phased microphone arrays“, *Journal of Sound and Vibration* 294.4, 856-879, 2006.
- [10] R.P. Dougherty, „Extensions of DAMAS and Benefits and Limitations of Deconvolution in Beamforming“, *AIAA*, 2961.11, 2005.
- [11] K. Ehrenfried, L. Koop, „A comparison of iterative deconvolution algorithms for the mapping of acoustic sources“, *AIAA journal*, 45.7:1584-1595, 2007.
- [12] P. Sijtsma, „CLEAN based on spatial source coherence“, *International journal of aeroacoustics*, 6.4:357-374, 2007.
- [13] M. Bjelić, M. Stanojević, D. Šumarac Pavlović, M.Mijić, „Dizajn mikrofonskog niza optimizovanog za monitoring saobraćajne buke“, *ETRAIN*, Zlatibor, jun 2016, Broj rada (zbornik radova CD): AK 1.2, ISBN: 978-86-7466-618-0.

ABSTRACT

Measurement of façade insulation values is performed with a sound source positioned under the angle of 45 ± 5 degrees, according to ISO 140-5. Due to dependence of façade insulation values from the angle under which a sound wave impedes a façade, it is of interest to examine the distribution of noise incidence angles on the façade in real scenarios. This paper presents a method for determining and analyzing noise incidence angles on facades in urban environments. As a measuring tool, a planar irregular microphone array with 24 microphones is used, which was designed for this application. Localization of sound sources in urban environments and distribution of energy over incidence angles is performed using several algorithms for microphone array signal processing.

Measurement of façade noise incidence angles in urban environments

Miloš Bjelić, Miodrag Stanojević, Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić