



## VIZUALIZÁCIA – PROGRESÍVNY NÁSTROJ PRE RIEŠENIE PROBLEMATIKY ZNIŽOVANIA HLUKU

Anna YEHOVA - Ervin LUMNITZER

## VISUALIZATION - A PROGRESSIVE TOOL TO SOLVE THE PROBLEM OF NOISE REDUCTION



ENVIRONMENTAL POLICY TOOLS 2020

### ABSTRAKT

Vizualizácia je progresívny nástroj súčasnosti využívaný v mnohých oblastiach priemyselnej praxe. Pojem „vizualizácia“ je odvodené z latinského „visualis“, čo znamená „týkajúci sa pohľadu“. V tejto súvislosti vizualizáciu chápeme ako sprostredkovanie zrakového vnemu niečoho, čo je abstraktné, nehmotné, alebo nie je viditeľné. V súčasnosti sa význam pojmu „vizualizácia“ spája najčastejšie s informačnými technológiami, ktorá využíva výpočtovú techniku pre spracovanie a zobrazovanie dát, ktoré by boli inak ťažko predstaviteľné alebo opisateľné. Oblasť akustiky je zatiaľ poslednou oblasťou, do ktorej vizualizácia prenikla. Rýchlosť rozširovania tejto oblasti je však neskutočne vysoká a možno predpokladať, že sa onedlho stane bežnou súčasťou riešenia problémov priemyselnej praxe. Príspevok pojednáva o možnostiach aplikácie vizualizácie zvuku v priemysle.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** zvuk, vizualizácia, akustická kamera, pohyblivé zdroje hluku

### ABSTRACT

Visualization is a progressive tool currently used in many areas of industrial practice. The term "visualization" is derived from the Latin "visualis", meaning "relating to vision". In this context, we understand visualization as the mediation of the visual perception of some thing that is abstract, intangible, or not visible. At present, the meaning of the term "visualization" is most often associated with information technology, which uses computer technology to process and display data that would be otherwise difficult to imagine or describe. The field of acoustics is so far the last area in to which the visualization has penetrated. However, the speed of expansion in this area is in credibly high and it can be assumed that it will soon become a common part of solving problems of industrial practice. The paper deals with the possibility as of sound visualization applications in industry.

**KEY WORDS:** sound, visualization, acoustic camera, moving noise sources

### ÚVOD

Základným cieľom vizualizácie je čo najpresnejšie a najnázornejšie zobrazenie a zviditeľnenie emisií hluku. Výsledkom procesu vizualizácie je vždy obrazová informácia, ktorá môže byť prezentovaná ako statický obrázok, dynamická animácia, alebo akustický film. [2]

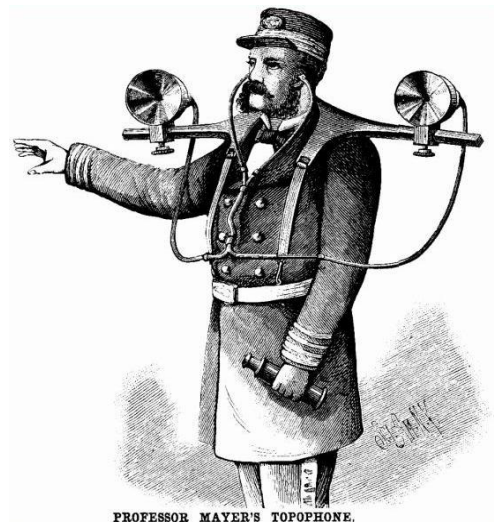
Problematika hluku je komplikovanou multidisciplinárnou oblasťou, ktorá je dnes evidentne málo podchytiteľná sluchom napriek tomu, že práve sluchový vnem je tým vnemom, ktorým sa zvuk a hluk vníma najčastejšie. Je to evidentné hlavne u laikov, ktorí prichádzajú do styku s problematikou hluku na svojich pracoviskách, alebo aj v bežnom živote. Preto sa v oblasti posudzovania hluku na trhu začali objavovať technické a softvérové prostriedky, ktoré umožňujú vnímanie hluku zrakom.



To umožnilo jednoduché vnímanie komplikovaných akustických situácií, ktoré poskytuje nenahraditeľnú pomoc odborníkom pri detailnej analýze hluku v oblasti výskumu, vývoja a navrhovania opatrení na ochranu človeka pred škodlivými účinkami hluku.

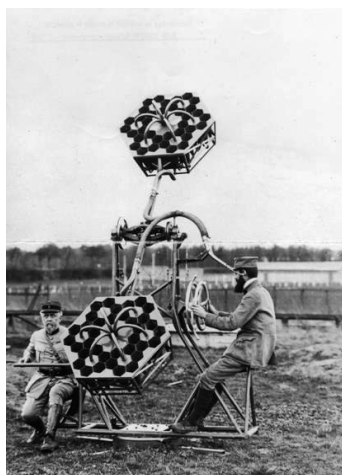
## HISTÓRIA

Prvými priekopníkmi oblasti vizualizácie hluku boli *A. M. Mayer* a *Jean Baptiste Perrin*. Už v roku 1880 profesor *Mayer* vynášiel a patentoval zariadenie zvané topofón, ktorý slúžil na rýchlu a presnú detekciu smeru a miesta zdrojov zvuku. Obrázok 1 znázorňuje prenosné zariadenie, ktoré sa používalo na palube lodí v prípade plavby cez hmlu. Topofón poskytoval dostatočné množstvo informácií pre kapitána lode na určenie presného smeru plavby za nepriaznivých vizuálnych podmienok napr. v hmle.



Obr. 1 Topofón profesora A. M. Mayera  
Zdroj: *Scientific American*, July 3, 1880.

*Jean Baptiste Perrin* počas prvej svetovej vojny vynášiel prvú akustickú kameru, ktorá slúžila na určenie smeru nepriateľských lietadiel. Princíp fungovania kamery bol založený na hodnotení časového oneskorenia zvukových lúčov zachytených anténami. Perrinova akustická kamera je znázornená na obrázku 2.



Obr. 2 Akustická kamera Jean Baptiste Perrina  
Zdroj: AIP NielsBohrLib.

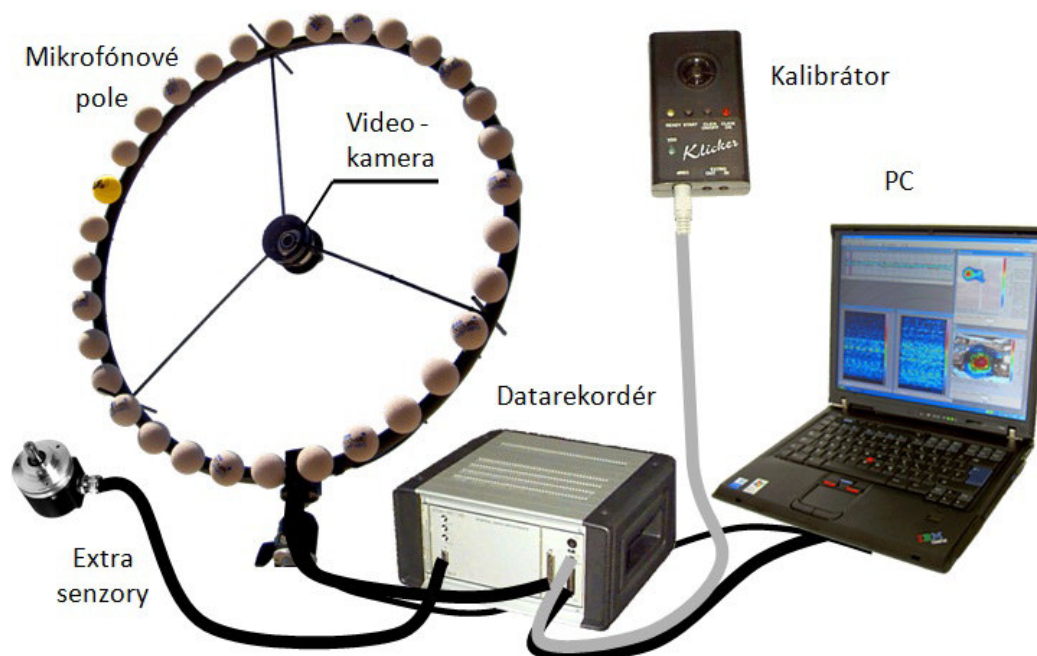


## TECHNICKÉ PROSTRIEDKY PRE VIZUALIZÁCIU HLUKU

Akustická kamera je meracím zariadením, ktoré sa znovu objavilo v oblasti akustiky pred niekoľkými rokmi. Táto technológia analyzuje skutočnú akustickú scénu, ktorá pozostáva zo superpozícií rôznych zdrojov zvuku a transformuje ju do vizuálnych hlukových máp. Základný princíp je založený na presných výpočtoch špecifických oneskorení zvukových emisií vyžarovaných z rôznych zdrojov v smere individuálneho mikrofónového poľa. [1]

Akustický snímok lokálnej distribúcie akustického tlaku v danej vzdialenosti sa vypočíta pomocou zvukových dát súčasne zaznamenaných pomocou viacerých mikrofónových kanálov. Hladiny akustického tlaku sú zobrazené pomocou farebnej škály, ktorá je podobná výstupu z populárnej termovíznej kamery. Automatické prekryvanie optického obrazu a zvukovej mapy umožňuje rýchlu lokalizáciu dominantných zdrojov hluku.

Meracia zostava (Obr. 3) pozostáva z mikrofónového poľa, videokamery, datarekordéra, kalibrátora, prídavného snímača a výkonného počítača.



Obr. 3 Meracia zostava  
Zdroj: <http://www.gfaitech.de>

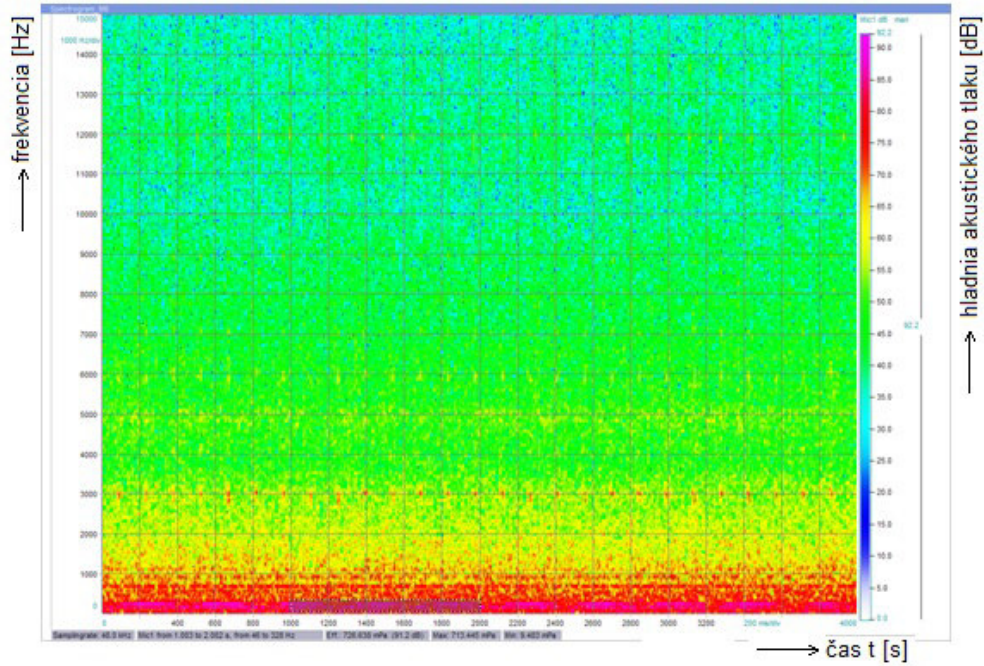
Mikrofónové polia môžu mať rôzny tvar v závislosti od konkrétnej aplikácie. Pri ich skonštruovaní sa výrobcovia zameriavajú na určenie ešte prijateľnej dolnej hranice počtu kanálov a na rozumné konštrukcie základných polí so zreteľom na veľkosť a účel merania. Mikrofónové polia sú vybavené mikrofónmi linearity (30 ... 130 dB v 100 Hz ... 20 kHz,  $\pm 1$  dB), a integrovanou VGA videokamerou s konštantnou apertúrou. Keďže predmetom merania môžu byť malé holiace strojičky alebo aj obrovské priemyselné objekty mikrofónové polia sú prispôbené pre rôzne aplikačné rozsahy.

Výstupy z akustickej kamery môžu byť nasledovné:

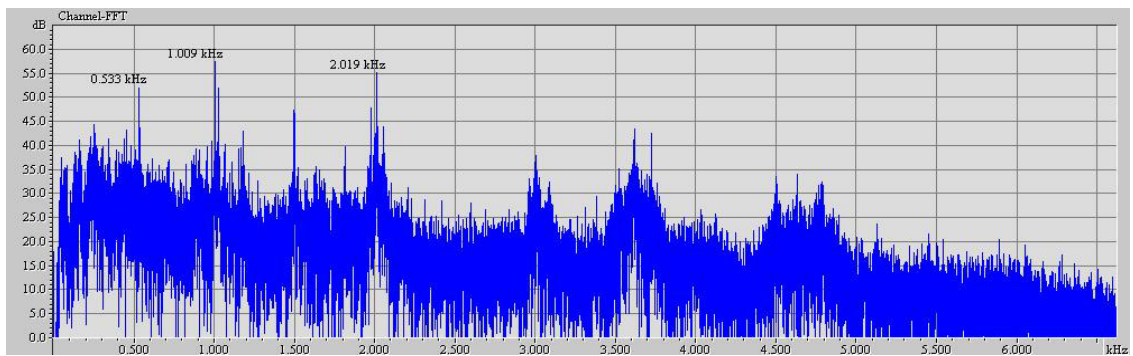
- spektrogram – závislosť hladiny akustického tlaku a frekvencie na čas,
- frekvenčné spektrum zaznamenaného zvuku,
- akustický snímok,
- akustický film.

Príklady výstupov z akustickej kamery sú znázornené na obrázkoch 4 až 6.

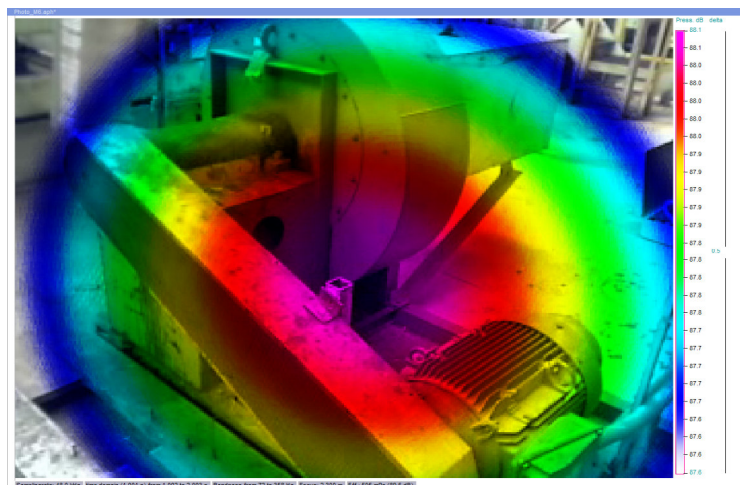




*Obr. 4 Spektrogram emitovaného hluku pohonu ventilátora*



*Obr. 5 Frekvenčné spektrum hluku pohonu ventilátora*



*Obr. 6 Akustický snímok z emisie hluku z pohonu ventilátora*



## VIZUALIZÁCIA POHYBLIVÝCH ZDROJOV HLUKU

Akustická kamera umožňuje aj vizualizáciu zvukov pochádzajúcich z mobilných zdrojov. Analýza pohyblivých objektov je žiadaná v rôznych oblastiach napr. v automobilovom a leteckom priemysle.

Na takúto vizualizáciu sa môžu použiť 2 metódy:

- Obrazová rovina sa posúva spolu s pohybujúcim objektom. Časové oneskorenia jednotlivých mikrofónov podstúpia kontinuálnu zmenu a tieto zmeny sa berú explicitne do úvahy vo výpočtoch. Výhodou je implicitná automatická kompenzácia dopplerového efektu, čo umožňuje spektrálne mapovanie pohybujúceho sa objektu. [3] Nevýhodou tejto metódy sú vysoké výpočtové nároky, keďže musí byť zvolená malá veľkosť krokov stopovania vo všetkých diskretných zmenách časového oneskorenia spôsobeného pohybom testovaného objektu.
- Obrazová rovina je postranne regulovaná ako v metóde 1, ale veľkosť postranného posunutia je rovná veľkosti jedného zobrazeného detailu (pravouhlý podobraz alebo pixel). V rámci tohto obrazu sa používajú rovnaké aproximované (relatívne) časové oneskorenia, čo zabezpečuje primeraný čas trvania výpočtov. Táto metóda je primeraná na mapovanie hladín akustického tlaku pohyblivých zdrojov, ale chýba spektrálna analýza, čo je spôsobené chýbajúcou kompenzáciou dopplerového efektu.

V oboch prípadoch je nutná integrácia videokamery do mikrofónového poľa, ktorá zaznamenáva video súbor paralelne s akustickým meraním. Najväčším problémom je synchronizácia optických a akustických obrazov. Problémy počas prenosu môžu mať za následok stratu jednotlivých obrazov. Keďže akustický film môže mať veľký počet snímkov za sekundu, v niektorých prípadoch meracej scenérie je doporučené použitie integrovanej vysokorýchlostnej kamery.

## 3D VIZUALIZÁCIA ZDROJOV HLUKU

Vyššie uvedená aproximácia objektov merania na virtuálne rovinné plochy je postačujúca v mnohých aplikáciách, ale pre akustickú kontrolu interiérov napr. vo vnútri automobilu alebo lietadla nie je táto metóda postačujúca. Na riešenie tejto problematiky 3D vizualizácie bola spoločnosťou GFAI vyvinutá špeciálna metóda. Pre 3D vizualizáciu musia byť k dispozícii:

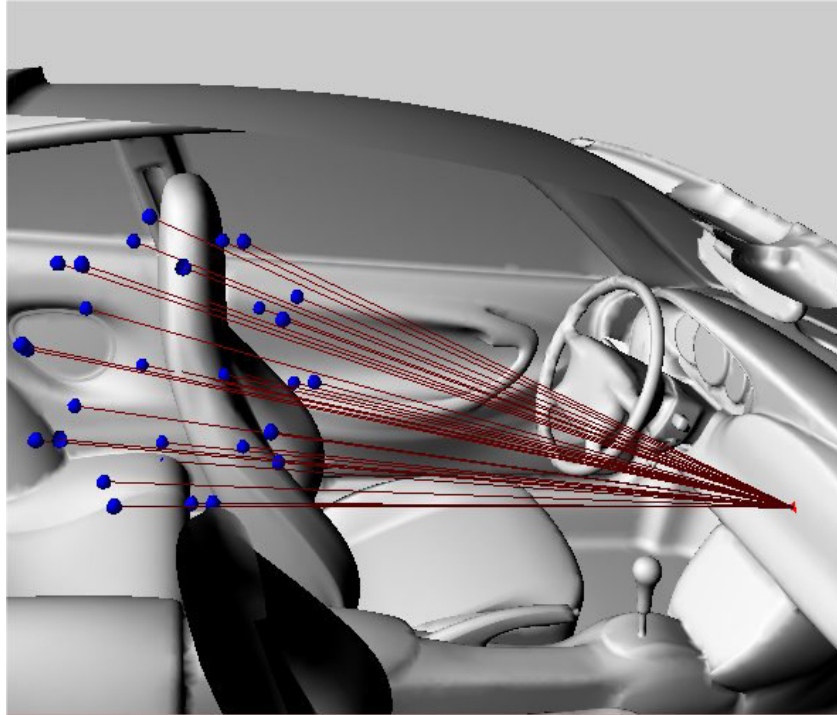
1. vhodné mikrofónové pole (obr. 10),



Obr. 10 Vhodné mikrofónové pole pre potreby 3D vizualizácie  
Zdroj: <http://www.gfaitech.de>



2. 3D model meraného objektu vo forme štandardného CAD súboru. Takýto model je v spomínaných aplikačných oblastiach väčšinou ľahko dostupný (obr. 11).

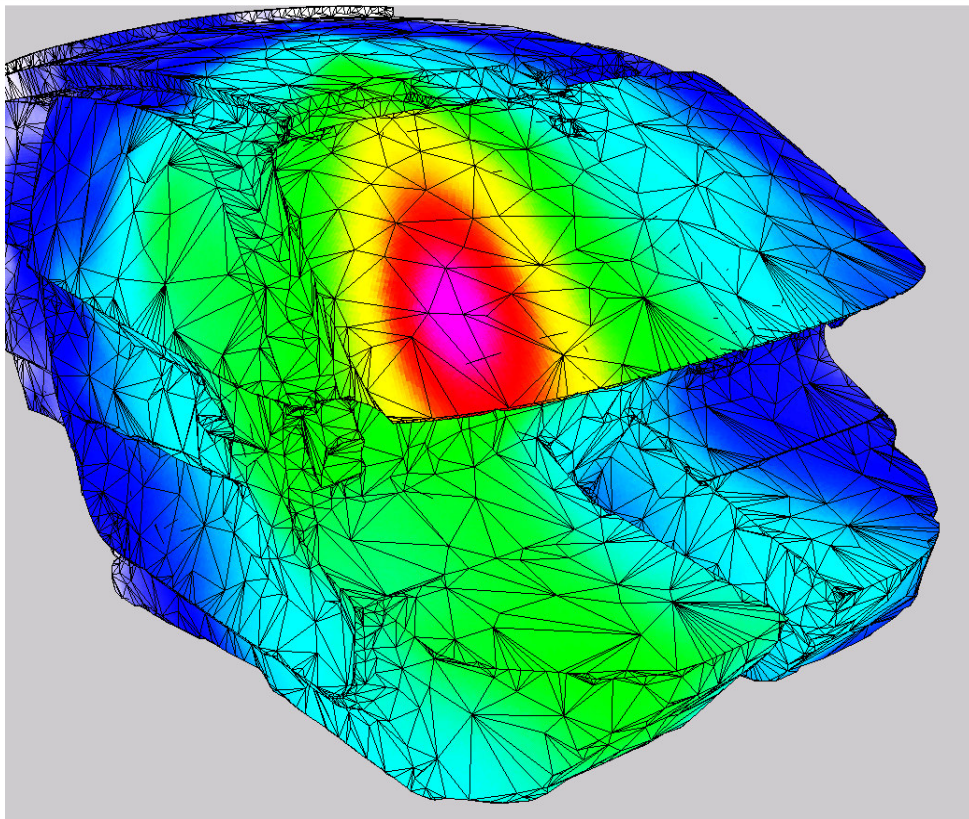


*Obr. 11 Bežný CAD model interiéru automobilu*  
Zdroj: <http://www.gfaitech.de>

Pri 3D vizualizácii sa virtuálny rovinný povrch rozdelený na pixely nahradí mnohými trojuholníkmi, orientovanými v priestore v určitom smere, ktoré modelujú skutočný povrch meraného objektu. V závislosti od želaného akustického rozlíšenia a grafického modelu tieto trojuholníky môžu byť ďalej rozdelené na pixely (textúrovanie).

V tomto prípade sa časové oneskorenia sa vypočítajú pre jednotlivé trojuholníky alebo pre jednotlivé subpixely trojuholníkov. Typický výstup z 3D vizualizácie, demonštrujúci modelovanie pomocou jednotlivých trojuholníkov je zobrazený na obr. 12.





Obr. 12 Výstup z 3D vizualizácie interiéru automobilu, hluk motora  
Zdroj: <http://www.gfaitech.de>

## ZÁVER

Vizualizáciou akustických dejov možno lepšie preniknúť do problematiky hluku. Je to zatiaľ pomerne nová a málo rozšírená oblasť. Napriek tomu, že v SR je situácia neuspokojivá, je zrejмый jej nesporne veľký potenciál pre aplikácie v blízkej budúcnosti. Už v súčasnosti poznáme mnohé príklady zo zahraničia, ktoré sú jasným dôkazom toho, že vizualizácia hluku sa presadí aj v Slovenskej republike.

### *Pod'akovanie [zaradenie príspevku]*

*Tento príspevok vznikol v rámci projektu KEGA 032 TUKE-4/2018.*

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Gerd Heinz, *Modelling Inherent Communication Principles of Biological Pulse Networks*. SAMS Vol. 15, No.1, (1994), Gordon&BreachSciencePubl., UK, 1994
- [2] Don H. Jonson, Dan E. Dudgeon, *Array Signal Processing*. PTR Prentice-Hall, New York 1993
- [3] UlfMichel, *Akustische Antennenvermessenden Schall*. DLR-NachrichtenNr. 92, 1999
- [4] Döbler Dirk, Heilmann Gunnar, *Perspectives of the Acoustic Camera*. Environmental Noise Control, The 2005 Congress and Exposition on Noise eControl Engineering, Rio De Janeiro, Brazil, 2005
- [5] Heilmann Gunnar, *Sound source localization in 2D and 3D using delay and sum beamforming*, 1st Intl. Acoustic Congress of the Universidad Nacional Tresde Febrero, Buenos Aires 06/2008, Brazil, 2008



- [6] LumnitzerErvin – Badida Miroslav - Moravec Marek - Románová Monika - Herczner Peter – Liptai Pavol, *Vizualizácia hluku prostredníctvom akustickej kamery a jej aplikácia pri riešení problematiky priemyselného hluku*. In: 9. Banskštiavnické dni 2007 : Zborník prednášok : Analytické metódy v environmentálnom inžinierstve a rádioenvironmentalistike : Výrobné technológie BAT : Stratégie rozvoja energetiky v SR a EÚ : Aplikácie nukleárnych technológií : 3.-5.10.2007, Banská Štiavnica. Zvolen : TU, 2007. s. 55-59. ISBN 978-80-228-1786-8.

#### **ADRESY AUTOROV**

##### **Ing. ANNA YEHOROVA**

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra procesného a environmentálneho inžinierstva, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika

##### **prof. Ing. ERVIN LUMNITZER, PhD.**

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra procesného a environmentálneho inžinierstva, Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika



#### **RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

#### **REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*