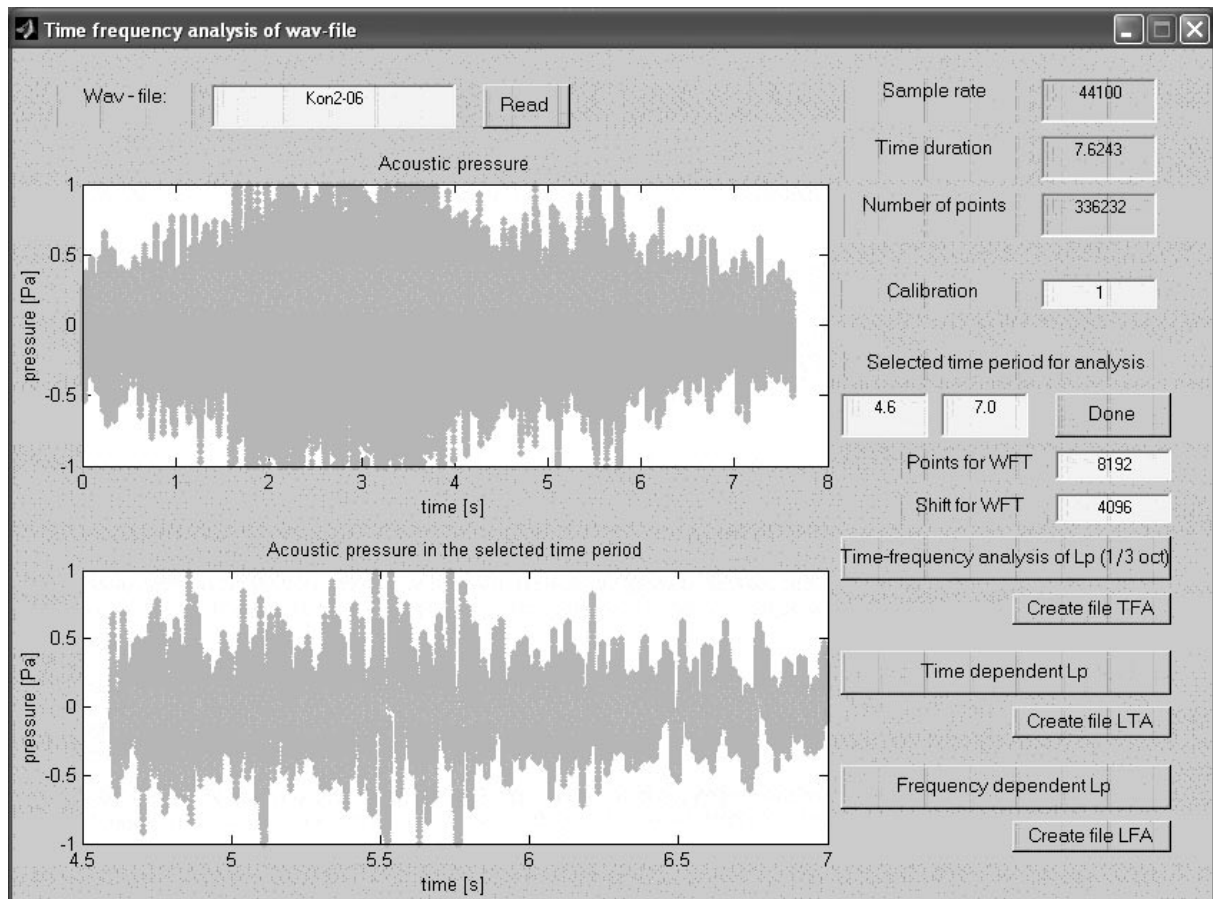


## Časově frekvenční analýza zvuku

Ivana Pultarová, Helena Špačková  
Stavební fakulta ČVUT

Záměrem tohoto článku je ukázat, jak je možné řešit časově frekvenční analýzu zvuku použitím Matlabu 6. Daty, která se zpracovávají, jsou audio soubory. Úkolem je zjistit, jakými hodnotami přispívají jednotlivé frekvenční složky k celkové hladině intenzity zvuku. Pro vylepšení starší verze programu (viz [5]) byly použity nové nástroje Matlabu 6, zejména pro tvorbu GUI.



Obr. 1

Vstupní data jsou uložena ve zvukovém wav-souboru. Jsou to okamžité hodnoty akustického tlaku snímané v průběhu určité doby. Aby vypočtené výsledky odpovídaly skutečnosti, je třeba násobit data kalibračním koeficientem, získaným analýzou kalibračního souboru. Data jsou převedena do vektoru a zpracována krátkodobou Fourierovou transformací (Short Time Fourier Transform) (viz např. [1] nebo [2]). Přitom se hodnoty v časových intervalech násobí vhodnou vahou tak, aby se omezil výskyt fiktivních vysokých frekvencí. Časový interval se posouvá vždy přibližně o polovinu své délky. Jelikož je snímací frekvence ve většině souborů 44 100 Hz (méně často 22 050 Hz) a jelikož implementace Fourierovy transformace (funkce `fft`) pracuje nejrychleji pro vektory o délce mocniny čísla 2, osvědčila se délka intervalu pro STFT 8192 bodů. Poté jsou již známy přibližné hodnoty maximálních amplitud jednotlivých harmonických složek signálu v jednotlivých časových periodách. Hladina akustického tlaku (v jednotkách dB) se počítá podle vzorce  $L_p = 10 \log (p^2/p_0^2)$ . Zde  $p$  je efektivní hodnota akustického tlaku harmonického vlnění,  $p_0$  je referenční hodnota  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa (viz [2]). Místo  $p^2$  dosadíme do vzorce součet  $p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2$ , počítáme-li hladinu intenzity

akustického tlaku získanou složením několika harmonických vlnění. Příspěvky jednotlivých frekvencí se potom sčítají v 1/3-oktávových frekvenčních pásmech (viz [3]). Výsledek se zobrazí v podobě 3D grafu závislosti hladiny akustického tlaku na čase a frekvenčním pásmu. Dále program počítá závislost celkové hladiny akustického tlaku pouze na čase nebo pouze na frekvenčním pásmu. Výsledky je možno získat ve formě grafu nebo tabulky hodnot v souboru.

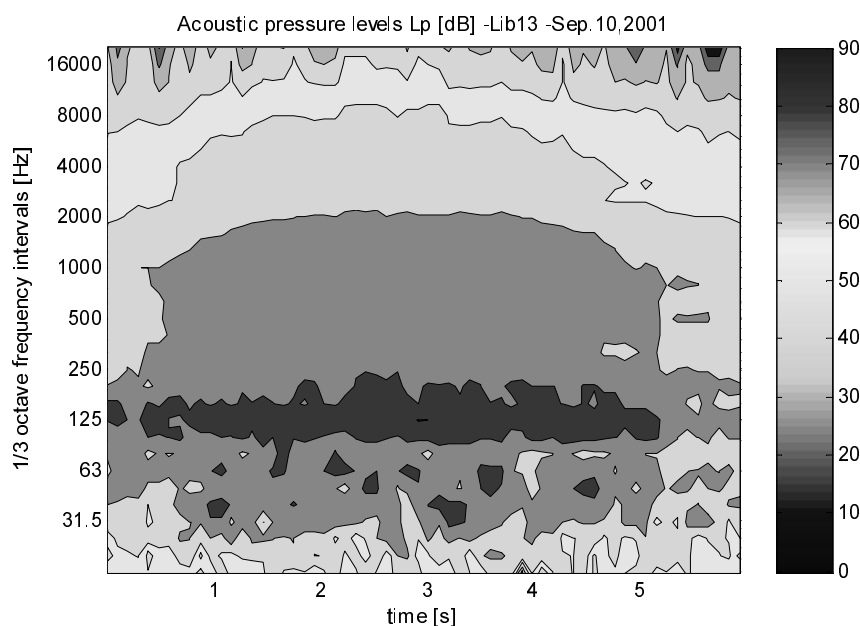
Pomocí nových nástrojů pro tvorbu grafického uživatelského prostředí v Matlabu 6 bylo vytvořeno ovládací okno programu. Program nyní sestává ze dvou souborů: m-souboru (.m) a obrázku (.fig). Zdrojový kód m-souboru má asi 400 řádků. Program pracuje v prostředí Matlabu a nevyužívá žádné toolboxy Matlabu.

Na závěr stručně porovnejme dva zpracované vzorky. Jde o hluk zaznamenaný za srovnatelných podmínek při přejezdu tramvajového vlaku po různých typech tramvajových svršků, obr. 2 a 3. Zatímco u prvního vzorku se významné složky uplatňují prakticky pouze v oblasti frekvence 125 Hz, u druhého se vyskytují významné složky na všech frekvencích do 1000 Hz, avšak v menší intenzitě. Stejný závěr lze udělat z grafů na obrázcích 4 a 5, kde jsou spektra hladin akustického tlaku. Na obrázcích 6 a 7 jsou časové průběhy celkových hladin akustického tlaku.

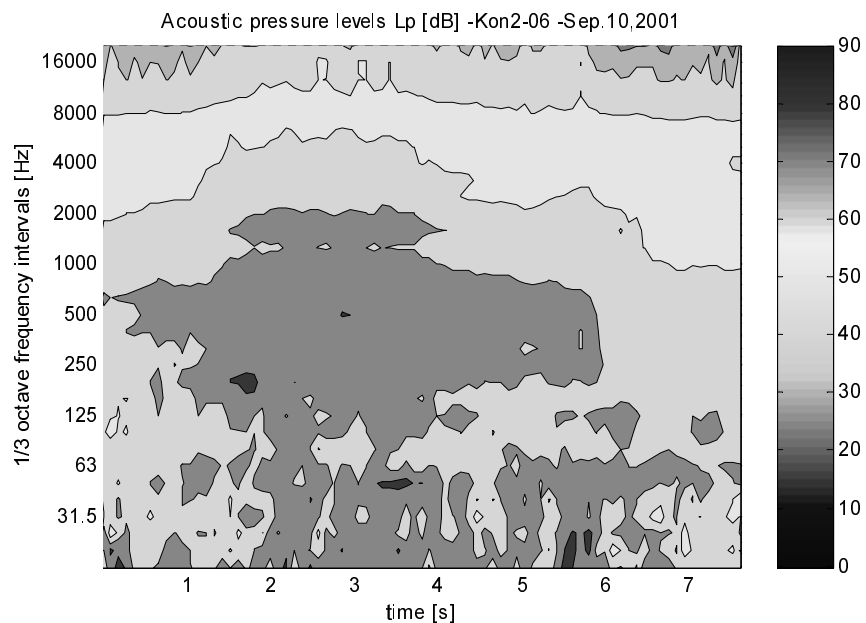
Tato práce vznikla při řešení výzkumného záměru CEZ MSM210000001 a grantu CTU 3001 140 11.

#### Literatura:

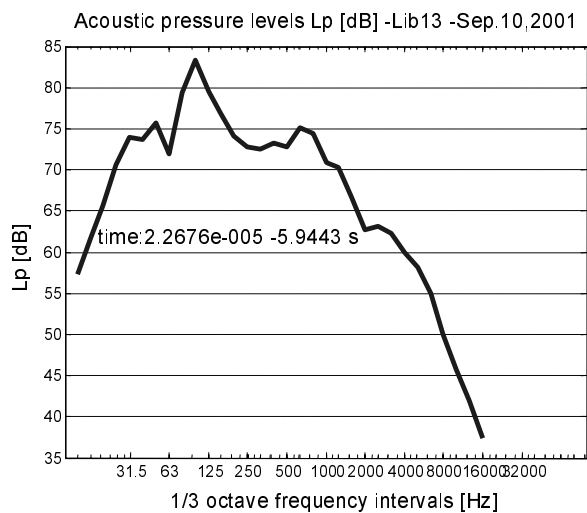
- [1] Čížek V.: Diskrétní Fourierova transformace, SNTL, 1981
- [2] Frazier M. W.: An Introduction to Wavelets Through Linear Algebra, Springer, 2000
- [3] Nový R.: Hluk a chvění, Vydavatelství ČVUT, 1995
- [4] Pohlmann K. C.: Advanced Digital Audio, SAMS, 1991
- [5] Pultarová I., Špačková H.: Časově frekvenční analýza zvukového souboru, Sborník konference Matlab 2000
- [6] Smetana C.: Hluk a vibrace, Sdělovací technika, 1998
- [7] Špačková H., Šnajdr K.: Multispektrální analýza hlučnosti konstrukcí tramvajových tratí v Praze, Sborník 60. Akustického semináře & 36. Akustické konference, 2000



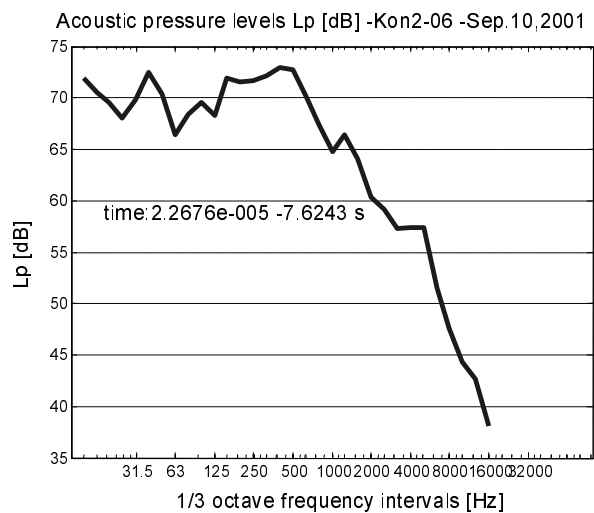
Obr. 2



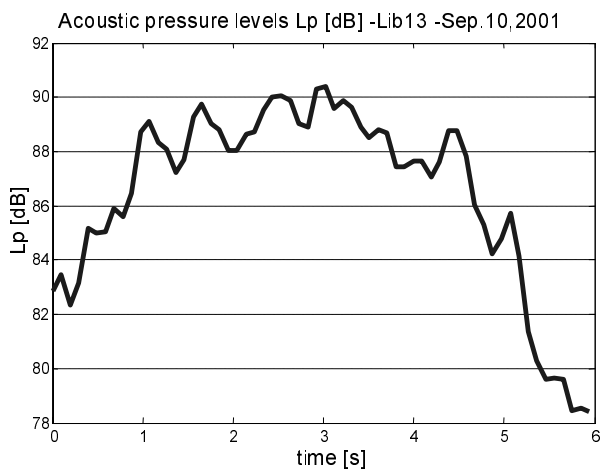
Obr. 3



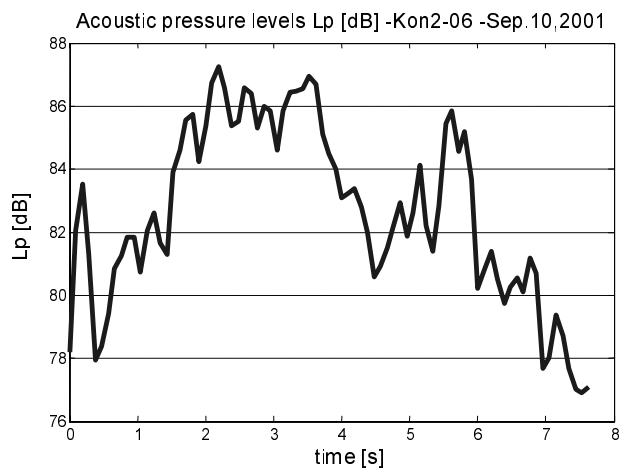
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7