

**Kros-modálne interakcie a priestorovo-sluchové spracovanie***Cross-modal interactions and spatial auditory processing***Peter LOKŠA***Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Prírodovedecká fakulta  
Ústav informatiky*

**Abstrakt:** Z hľadiska percepcie existuje týchto 5 modalít: zrak, sluch, hmat, čuch a chuť. Novšie výskumy ukazujú, že spôsob, akým získavame informácie o prostredí z jednej modality (napr. sluchu) je ovplyvniteľný vnemami z modality inej (napr. zraku). Preto hovoríme o kros-modálnych interakciách. Medzi najznámejšie kros-modálne interakcie patria ventriloquism effect a ventriloquism aftereffect. Subjekty, ktorým sú poskytnuté stimuly zrakový a sluchový zo zdrojov v dvoch rôznych uhloch, boli inštruované, aby sa pozreli smerom, v ktorom vnímajú stimul sluchový. Subjekty vnímali takýto stimul v uhle spravidla na 80% posunutom smerom k stimulu zrakovému (ventriloquism effect). No ak sa takéto zrakovo sluchové stimuly dostatočne často opakujú, identifikácie uhlov následných čisto-sluchových stimulov zo strany subjektu sú posunuté o 50% rozdielu a v smere medzi zrakovou a sluchovou časťou stimulu (ventriloquism aftereffect), ak sa čisto-sluchový stimul nachádza v urovej oblasti, v ktorej sa nachádzalo viacero predchádzajúcich sluchovo-zrakových stimulov, no nie o zanedbateľný uhol ani keď sa tento stimul nachádzal mimo tejto oblasti. Podstatou ventriloquism effect a ventriloquism aftereffect je pravdepodobne krátkodobá adaptácia sluchovej mapy prostredia v mozgu. No existuje ešte aj milisekundová adaptácia, ktorej efekt trvá pár sekúnd, no jej efekt posunu vnímania je v porovnaní s krátkodobou väčší a nevyžaduje viac ako jeden audiovizuálny stimul. V tejto práci je načrtnutá nasledovná otázka: Je ventriloquism aftereffect závislý od toho, kde sa vyskytovali audiovizuálne stimuly?

**Kľúčové slová:** *ventriloquism effect, ventriloquism aftereffect, krátkodobá adaptácia, milisekundová adaptácia, priestorovo-sluchová mapa.*

**Abstract:** In terms of perception there are 5 modalities: vision, audition, tact, olfaction and gustation. Recent research shows that way we gather the environment information from one modality (e.g. audition) can be affected by sensation from other one (e.g. vision.) and therefore we talk about cross-modal interactions. The most famous cross-modal interactions include the ventriloquism effect and the ventriloquism aftereffect. Subjects to which auditory and visual stimulus from two different angles was provided were instructed to look toward auditory one. Subjects in principle perceived this kind of auditory stimulus at the angle 80% shifted toward visual one (ventriloquism effect). But after repeating these kind of process many times then the auditory-only stimulus is provided this is perceived in different position toward visual shift in previous audiovisual stimulus in 50% of shift angle (ventriloquism aftereffect) if source of the auditory only stimulus is on the angle of auditory component of many previous audiovisual ones, but not negligibly if this auditory stimulus was out of this area. Probably the short-term adaptation of auditory environment map in brain underlies the ventriloquism effect and ventriloquism aftereffect. There is also millisecond adaptation effect of which takes only few seconds, but shift is larger in comparison with short-term one and does not require more than single audiovisual stimulus. In this paper there is posted following question: Does ventriloquism aftereffect depend on the positions of audiovisual stimuli?

**Keywords:** *ventriloquism effect, ventriloquism aftereffect, short-term adaptation, millisecond adaptation, auditory spatial map.*

### **Zrakom sprevádzaná adaptácia sluchu**

Pre zrakom sprevádzanú adaptáciu sluchu existujú nasledovné súvisiace javy: Ventriloquism effect [3 (Jack a Thurlow); 4 (Warren et al.)] a Ventriloquism aftereffect [5 (Recanzone)].

Podľa [2 (Kopčo et al.)] sa pri lokalizácii zdroja zvuku biologický sluchový systém z 80% riadi synchronnou vizuálnou informáciou len z 20% samotnou informáciou sluchovou za predpokladu, že príslušná vizuálna informácia je k dispozícii (Ventriloquism effect). V experimentoch, v ktorých boli živému subjektu prezentované stimuly, ktorých zrkavá a sluchová zložka boli od seba odchýlené, boli merané koncové body pohybov očí. Ak by sme označili miesto, kde bol sluchový stimul číslom 0 a miesto, kde bol vizuálny stimul číslom 100, koncové body pohybov očí subjektov sa nachádzali v priemere v čísle 80.

Tiež podľa [2 (Kopčo et al.)] a [1 (Wozny a Shams)] má na lokalizáciu zdroja zvuku nezanedbateľný vplyv audiovizuálna informácia pred ňou. V tomto prípade ide o adaptáciu sluchovej mapy. Tá je závislá od počtu opakovaní audiovizuálnych stimulov s danou odchýlkou. A tiež existuje krátkodobá adaptácia a milisekundová adaptácia. V [2 (Kopčo et al.)] je na experimentoch pozorovateľná krátkodobá adaptácia, ktorá sa prejaví pri opakovaných audiovizuálnych stimuloch na stimuloch čisto sluchových, no závisí od toho, či sa sluchový stimul nachádzal v tréningovom regióne, z ktorého pochádzali všetky audiovizuálne stimuly, alebo mimo neho, no v oboch prípadoch je tento efekt viac alebo menej pozorovateľný.

### **Milisekundová adaptácia**

V práci [1 (Wozny a Shams)] je pozorovateľná milisekundová (ultra-rýchla) adaptácia sluchovej mapy. Táto adaptácia nastáva po vystavení subjektu audiovizuálnemu stimulu s určitou odchýlkou v polohe jej vizuálnej zložky (V) a jej audio zložky (A). Efekt tejto adaptácie sa prejavuje posunom vnímania audio stimulov v smere A->V s veľkosťou rádovo cca 1% odchýlky v polohe zložiek A a V od momentu tohto vystavenia subjektu audiovizuálnemu stimulu po dobu rádovo cca 1 sekundy.

### **Referenčný rámec ventriloquism afterefektu**

Hlavnou témou práce [2 (Kopčo et al.)] bol referenčný rámec ventriloquism afterefektu. Zisťovalo sa, či ventriloquism aftereffect v mozgu používa hodnoty natočenia vzhľadom na natočenie očí (očne centrovany) alebo vzhľadom na pozíciu hlavy (centrovany na hlavu). Na toto boli použité analýzy rozdielov odpovedí pre audio stimuly fixované v mieste fixácie stimulov audiovizuálnych (tréningový fixačný bod) verus fixovaných na určitom inom (netréningový fixačný bod) (Netréningový fixačný bod bol v tomto experimente iba jeden). Zistilo sa, že tento referenčný rámec bol kombináciou pomyselných referenčných rámcov centrovanych na oči a na hlavu.

### **Aktuálne otázky**

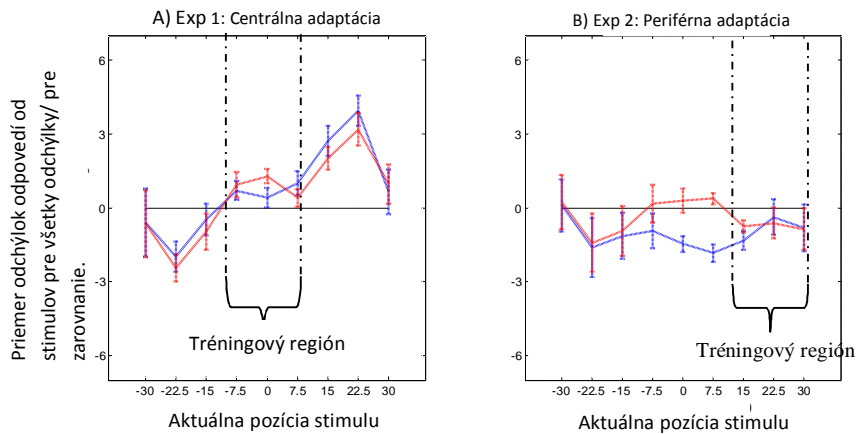
V aktuálnej štúdií, ktorá vychádza z dát, na ktorých je založená publikácia [2 (Kopčo et al.)], nadväzujeme na štúdiu referenčného rámca z tejto publikácie [2 (Kopčo et al.)],

v ktorej bol skúmaný referenčný rámec v tzv. centrálnej adaptácii, a snažili sme sa ju obohatiť o štúdiu závislosti referenčného rámca od pozícií audiovizuálnych stimulov. Preto sme sa rozhodli skúmať referenčný rámec aj na tzv. adaptácii periférnej, ktorá sa líši od adaptácie centrálnej pozíciami audiovizuálnych stimulov. Generovali sme teda grafy odchýlok z dát z centrálnej adaptácie a z dát z periférnej adaptácie a porovnávali sme ich v (**Obr. 1**).

Na (**Obr. 1**) vidíme nasledovný jav:

Pre centrálnu adaptáciu (Graf A) platí aj pre tréningový (červená čiara) aj pre netréningový (modrá čiara) fixačný bod, že pre audio stimuly zo všetkých pozícií tréningového regiónu (pozície -7,5; 0; 7,5) je priemerná chyba lokalizácie (reprezentovaná priemerom odchýlok) približne nulová a pre odpovede pre audio stimuly generované na všetkých pozíciách mimo tréningového regiónu je priemerná hodnota odpovede posunutá od stredu (pre audio stimuly generované vľavo od tréningového regiónu (pozície stimulov -30; -22,5; -15) záporná hodnota priemernej odchýlky, t. j. doľava, a pre audio stimuly vpravo od tréningového regiónu (pozície stimulov 15; 22,5; 30) kladná hodnota priemernej odchýlky t. j. doprava). Okrem toho sú hodnoty týchto priemerných odchýlok pre tréningový a netréningový fixačný bod zarovnané.

Pre periférnu adaptáciu (Graf B) tak isto platí pre oba fixačné body (červená a modrá čiara), že pre audio stimuly z tréningového regiónu (tentoraz pozície 15; 22,5; 30) je priemerná chyba lokalizácie (reprezentovaná priemerom odchýlok) približne nulová a tak isto pre netréningový fixačný bod platí, že pre audio stimuly pre všetky pozície mimo tréningového regiónu (pozície -30 až 7,5) sú odpovede posunuté od tohto tréningového regiónu (teda doľava t. j. záporná odchýlka). No pre tréningový fixačný bod platí toto posunutie pre periférnu adaptáciu len pre ľavé tri pozície (-30 až -15). Pre pozície -7,5 až 7,5 je pre tréningový fixačný bod v periférnej adaptácii približne zarovnaný, čo je zatiaľ nevysvetlený jav.



**Obr. 1.** Priemerná odchýlka odpovedí od skutočnej pozície stimulu cez posledné tri štvrtiny pokusov všetkých adaptačných sedení (teda nezávisle od toho, aký posun bol v audiovizuálnych pokusoch daného sedenia) pre ľudské subjekty, pričom sedenia, v ktorých bol tréningový fixačný bod naľavo sú v tejto analýze zrkadlovo preklopené tak, ako keby bol napravo (invertovali sa pozície stimulov, odchýlky). Dôležité je, že odpovede sú v tejto analýze rozdelené na tie, v ktorých sa fixačný bod zhodoval z fixačným bodom tréningovým daného sedenia (červená), a tie, v ktorých sa fixačný bod s tréningovým fixačným bodom nezhodoval (modrá). Ďalej sú oddelené sedenia s centrálnou adaptáciou (graf A) so sedeniami s adaptáciou periférnou (graf B). (Fixačný bod – bod, na ktorý sa subjekt pozerá v momente, v ktorom mu ide byť poskytnutý stimul s danými parametrami.)

Našou úlohou je zistiť, či bude tento zatiaľ nevysvetlený jav pozorovateľný aj na veľkosti adaptácie, teda rozdiel medzi priemermi adaptačných a preadaptačných odchýlok, ktoré sú vypočítateľné z dát [2 (Kopčo et al.)]. Ak áno, potom je oveľa menej pravdepodobné, že nami popisovaný jav nastal iba v dôsledku chyby kalibrácie, pretože takáto chyba by bola aj v preadaptačnej časti, teda v rozdiel by sa ukázali výsledky bez tejto chyby.

### Záver

V texte sme vysvetlili rôzne formy zrakom sprevádzanej adaptácie sluchu. Ďalej sme objasnili problém referenčného rámca ventriloquism afterefektu (centrovaný na oči verzus centrovaný na hlavu). Napokon sme ukázali časť analýz, ktorá bola nami urobená, a načrtli spôsob, akým ju vedecky skompletizovať.

### Literatúra

1. Wozny, D. R. - Shams, L. 2011. Recalibration of Auditory Space following Milliseconds of Cross-Modal Discrepancy. The Journal of Neuroscience, March 23, 2011 - 31(12):4607–4612

2. Kopčo. N. - Lin. I-Fan. - Shinn-Cunningham B. G. - Groh J. M. 2009. Reference Frame of the Ventriloquism Aftereffect. *The Journal of Neuroscience*, November 4, 2009 - 29(44):13809–13814
3. Jack CE, Thurlow WR. Effects of degree of visual association and angle of displacement on the 'ventriloquism' effect. *Perceptual and Motor Skills* 1973;37:967–979.
4. Warren, D. H., Welch, R. B., and McCarthy, T. J. 1981. "The role of visual-auditory 'compellingness' in the ventriloquism effect: Implications for transitivity among the spatial senses," *Percept. Psychophys.* 30, 557– 564.
5. Recanzone GH. Rapidly induced auditory plasticity: The ventriloquism aftereffect. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 1998;95:869–875.