

# Závislosť priestorového sluchového vnímania na modalite riadenia pozornosti

Rudolf Andoga<sup>1</sup>, Beáta Tomoriová<sup>2</sup>, Norbert Kopčo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Laboratórium vnímania a kognície, Katedra kybernetiky a UI, FEI, TU Košice  
Letná 9, 04200 Košice

<sup>1</sup>[rudolf.andoga@tuke.sk](mailto:rudolf.andoga@tuke.sk), <sup>2</sup>[beata.tomoriova@gmail.com](mailto:beata.tomoriova@gmail.com), <sup>3</sup>[kopco@bu.edu](mailto:kopco@bu.edu)

## Abstrakt

Článok prezentuje experimentálnu štúdiu, ktorej cieľom bolo určiť ako modalita, ktorou je riadená priestorová sluchová pozornosť, ovplyvňuje presnosť vnímania polohy zdroja zvuku. Základné otázky, na ktoré na ktoré bola štúdia zameraná, sú: 1) ako predchádzajúca informácia ovplyvňuje lokalizáciu zvuku, 2) či tento vplyv závisí na modalite, ktorou je táto informácia poskytnutá.

## 1 Úvod

Že sa o pozornosti nedá rozmýšľať ako o súbore nezávislých mechanizmov pracujúcich oddelene pre každú vnemovú doménu ukázali ako prví Driver a Spence (1994). Vo svojom experimente prezentovali súbežne cez dva monitory dva rôzne záznamy rozprávajúceho človeka, pričom zvuky boli prezentované v jednom meraní z reproduktorov zodpovedajúcich obrazu a v druhom meraní z navzájom vymenených reproduktorov. Úlohou subjektu bolo stále počúvať čo sa hovorí na jednom z monitorov, pričom o experimentálnej manipulácii so zámienou monitorov bol subjekt informovaný. Takže jeho úlohou v prvom meraní bolo sústrediť svoju vizuálnu aj sluchovú pozornosť na to isté miesto, zatiaľ čo v druhom meraní potreboval sústrediť vizuálnu pozornosť na jeden monitor a sluchovú pozornosť na polohu reproduktora druhého monitora. Presnosť identifikovaných slov bola v druhom meraní signifikantne nižšia než v prvom meraní, čo značí, že schopnosť človeka súčasne sústrediť vizuálnu pozornosť na jedno miesto a sluchovú pozornosť na iné miesto je obmedzená, a že mechanizmy strategického riadenia zrakovej a sluchovej pozornosti nie sú navzájom nezávislé.

Prezentovaná experimentálna štúdia je súčasťou výskumného projektu v Laboratóriu vnímania a kognície na KKUI FEI TU v Košiciach, zameraného na objasnenie vzájomných vplyvov vizuálnej a sluchovej modalít na pozornosť pri vnímaní. V rámci tohoto projektu sa realizuje séria behaviorálnych a kvantitatívnych štúdií skúmajúcich riadenie sluchovej strategickú pozornosti pomocou vizuálnej a opačne.

Experiment prezentovaný tu sa zameriava na sluchové vnímanie.

## 2 Experiment

### 2.1 Motivácia a hypotézy

Len málo experimentálnych štúdií skúma vplyv sluchovej pozornosti na lokalizáciu zvuku. Ešte menej štúdií sa zameriava na to, či tento vplyv je závislý na modalite, ktorou je sluchová pozornosť riadená. Prezentovaná experimentálna štúdia sa snaží dať odpoveď na túto otázku a zároveň predstavuje výskum multimodálnych pozornosťných vplyvov na vnímanie človeka. Predchádzajúce štúdie sa zameriavali na to, či smerovanie automatickej alebo strategickú pozornosti s využitím vodítka (cue) pri sluchovom vnímaní môže vylepšiť lokalizáciu prezentovaných stimulov. Výsledky naznačujú, že pozornosť spôsobuje:

- zlepšenie reakčných časov (Spence & Driver, 1994),
- malé zlepšenie výkonu (Sach et al., 2000), alebo
- žiadne zlepšenie výkonu (Kopčo et al. 2002).

Jedným z možných dôvodov nejednoznačnosti výsledkov uvedených štúdií je, že čas medzi vodítkom a cieľovým stimulom (SOA – stimulus onset asynchrony) použitý v týchto štúdiách bol príliš krátky na uplatnenie mechanizmov pozornosti. Prezentovaná štúdia preto meria, či:

- pozornosťné vplyvy nastávajú pri dlhších SOA,
- je riadenie pozornosti závislé na modalite stimulov.

Z týchto cieľov vyplynuli tri základné hypotézy:

1. Žiadny efekt automatickej pozornosti (na to poukazujú predchádzajúce štúdie).
2. Strategická pozornosť bude mať vplyv len pri dlhších SOA.
3. Vplyv by mal byť nezávislý od modalít, keďže vizuálne vodítka budú indikovať len stranu prezentovaného stimulu (vľavo, vpravo).

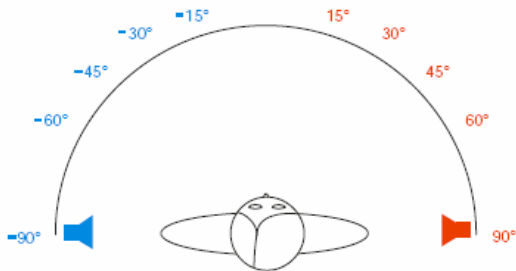
## 2.2 Popis experimentu

Experiment bol vykonaný na 11 normálne počujúcich ľudských subjektoch, pričom stimuly a experimentálne podmienky boli nasledovné:

### Stimuly:

- **cieľový stimul:** širokopásmový klik trvajúci 2 ms, prezentovaný na desiatich azimutoch v anechoickom virtuálnom prostredí (obr 1).
- **sluchové vodítko:** čistý tón s frekvenciou 2 kHz prezentovaný monaurálne zľava alebo sprava.
- **vizuálne vodítko:** vľavo alebo vpravo ukazujúca šípka na monitore počítača predikujúca hemisféru prichádzajúceho cieľového stimulu (obr 2).

Aby bolo možné určiť, či vodítko ovplyvňuje primárne strategickú alebo automatickú pozornosť, parametricky sa menila aj pravdepodobnosť, s ktorou vodítko správne predikovalo stranu podnetu. Používali sa tri úrovne informatívnosti, 50, 80, a 100%, pričom sa očakávalo, že neinformatívne (50%) vodítko vyvolá len automatickú pozornosť, zatiaľ čo informatívne vodítka (80 a 100%) vyvolajú strategickú aj automatickú pozornosť.



Obr. 1. Možné azimuty cieľových zvukov



Obr. 2. Vizualne vodítko indikujúce hemisféru (pravá šípka bola červená, ľavá modrá)

V experimentoch bolo vykonávaných 7 typov meraní, teda: 2 (typy vodítok – vizuálne, sluchové) x 3 (úrovne informatívnosti – 50%, 80%, 100%) + 1 (merania bez vodítka). Informatívnosť stimulov definuje v

koľkých percentách prípadov predikuje vodítko správnu lokáciu cieľového zvuku. V každom bloku meraní bol zvolený jeden zo spomínaných siedmich typov a rámci daného bloku bol tento typ fixovaný. V každom bloku meraní bolo potom danému subjektu prezentovaných všetkých 10 možných lokácií (viď. obr. 1) s troma rôznymi SOA (angl. „Stimulus Onset Asynchrony“), teda čas medzi stimulom a vodítkom. Zvolené SOA boli na úrovni 0.4, 0.8, 1.6 sekundy. Blok meraní bez vodítka obsahoval iba desať lokácií. Experiment pre jeden subjekt potom predstavovalo desať sedení, pričom každé sedenie pozostávalo zo siedmich blokov meraní.

## 2.3 Experimentálna procedúra

Každý subjekt sedel pred obrazovkou počítača, z ktorej dostával vizuálne vodítka (obr. 2). Na ušiach mal nasadené slúchadlá, z ktorých boli prezentované sluchové vodítka alebo cieľové podnety z rôznych azimutov vo virtuálnom sluchovom prostredí (obr. 1). Každý pokus rámci jedného bloku meraní so zafixovaným prostredím prebiehal potom nasledovne:

1. Informácia o type merania (typ vodítka, informatívnosť, SOA)
2. Prezentácia vodítka (okrem prostredia bez vodítka).
3. Prezentácia cieľového stimulu (širokopásmový klik)
4. Odpoveď vnímaného azimutu v stupňoch.

Subjekty boli inštruované o informatívnosti vodítka, a že pri informatívnosti 50% nemá význam sa na vodítko vedome sústrediť, zatiaľ čo pri viac než 50% informatívnosti by subjekty vodítko mali používať. Subjekty zadávali vnímanú polohu zdroja zvuku na numerickej klávesnici experimentálneho počítača v stupňoch.

## 3 Výsledky experimentov

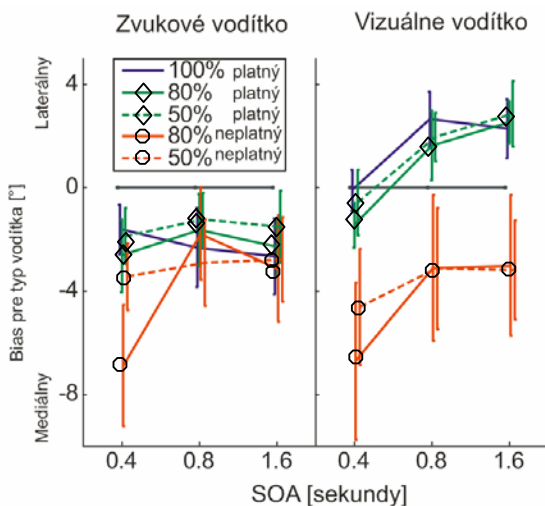
### 3.1 Analýza dát

Získané dáta boli analyzované nasledujúcim spôsobom. Všetky dáta boli preložené cez mediálnu rovinu, sa za predpokladu symetrickej vnemov získal dvojnásobný počet odpovedí pre každý azimut. Ďalej boli tieto dáta zoskupené podľa typu vodítka (modalita, informatívnosť, platné/neplatné), SOA, a subjektu. Pre každú kombináciu (zoskupenie) sa potom určil jej aritmetický priemer a štandardná odchýlka. Taktiež bola vypočítaná priemerná chyba a štandardná chyba cez subjekty.

### 3.1 Výsledky – priemerné odpovede

Priemerné odpovede boli analyzované podľa typu vodítka (vizuálne/sluchové) a pre každý typ bola urobená analýza pre všetky 3 úrovne SOA a typy platných a neplatných podnetov. Vodítka reprezentuje platný podnet ak správne predikuje hemisféru cieľového zvuku a neplatný podnet ak predikuje nesprávnu hemisféru cieľového zvuku. Priemerné vychýlenie (angl. bias) spôsobené vodítkom (t.j., rozdiel v priemere odpovedí s vodítkom a bez vodítka) je pre všetky kombinácie vodítok a po spriemernení cez azimut uvedené na Obr. 3. Obrázok pre sluchové vodítka ukazuje, že:

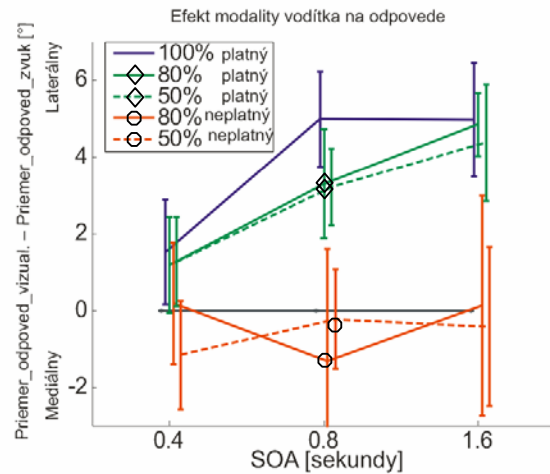
- v prípade 50% informatívnych neplatných vodítok vzniká mediálny bias 3 – 4°, nezávisle na informatívnosti (krúžky),
- v prípade platných sluchových vodítok, je bias podobný, nezávisle na SOA (diamanty a žiadne symboly),
- v prípade 80% neplatných vodítok sú výsledky nekonzistentné.



**Obr. 3.** Priemery (a štandardné chyby) pre prostredia s vizuálnym a sluchovým vodítkom (symboly pre odlišenie platných a neplatných vodítok sú pre zvýšenie prehľadnosti v niektorých grafoch vynechané)

Vizuálne vodítka majú:

- pri neplatných podnetoch efekt podobný ako sluchové vodítka,
- pri platných podnetoch vzniká laterálny bias (2 – 3°), nezávisle na informatívnosti a rastúci s rastúcim SOA.



**Obr. 4.** Efekt modality na odpovede. Priemer cez subjekty (a štandardné chyby) v rozdiel medzi odpoveďami s vizuálnym a sluchovým vodítkom (viď. tiež popisok Obr. 3)

Obr. 4 ukazuje rozdiel v biasoch medzi vizuálnymi a sluchovými vodítkami:

- v prípade neplatných podnetov nie je pozorovateľný žiadny významný vplyv modality na lokalizáciu,
- v prípade platných podnetov je pozorovateľný laterálny bias rastúci s SOA.

V zhrnutí je možné konštatovať, že ak **vizuálne (ale nie sluchové) vodítka správne predikuje hemisféru cieľového podnetu, vzniká laterálny bias.**

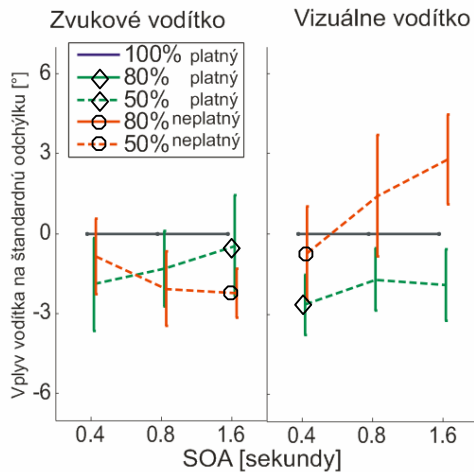
### 3.2 Výsledky – štandardné odchýlky

Štandardné odchýlky boli analyzované osobitne pre neinformatívne (50% informatívnosť, Obr. 5) a informatívne (viac než 50% informatívnosť, Obr. 6) vodítka. Obr. 5 ukazuje, že:

- sluchové neinformatívne vodítka nemá vplyv na štandardné odchýlky,
- vizuálne neinformatívne vodítka spôsobujú v prípade platných podnetov pokles štandardných odchýlok, v prípade neplatných podnetov ich nárast s rastúcim SOA.

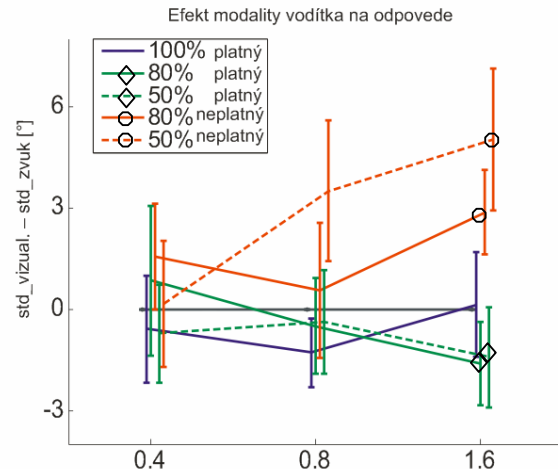
Osobitne sú zobrazené štandardné odchýlky podnetov s 80% a 100% informatívnosťou na obr. 6. Z obrázku vyplýva, že u oboch modalít nie je pozorovateľný žiadny významný pokles ani nárast štandardných odchýlok

(pokles pri pri 80% neplatných podnetoch bol pravdepodobne spôsobený primálnym počtom meraní).

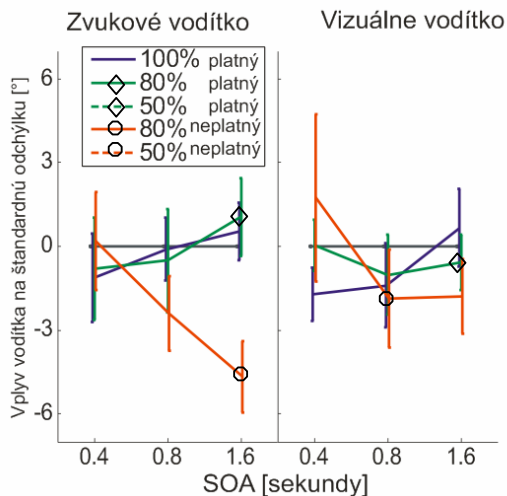


**Obr. 5.** Štandardné odchýlky pre vodítka s 50% informatívnosťou (priemer cez subjekty a štandardná chyba)

žiadny významný efekt na štandardné odchýlky. V zhrnutí môžeme konštatovať, že **ak vizuálne vodítka (ale nie sluchové) nesprávne predikuje hemisféru, zvyšuje sa rozptyl odpovedí.**



**Obr. 7.** Efekt modality vodítka na štandardné odchýlky odpovedí (priemer cez subjekty a štandardná chyba)



**Obr. 6.** Štandardné odchýlky pre vodítka s 80% a 100% informatívnosťou (priemer cez subjekty a štandardná chyba)

Graf na obrázku 7 ukazuje priemerný rozdiel medzi štandardnými odchýlkami s vizuálnymi a sluchovými vodítkami spríemerenými cez jednotlivé subjekty a azimuty. Tu vidno, že pri neplatných podnetoch a vizuálnom vodítku rastú štandardné odchýlky pri veľkých SOA. Pri platných podnetoch nie je vidieť

#### 4 Diskusia a záver

Vizuálne vodítka majú vplyv na vnímanie pri dlhých SOA, pričom platné vizuálne podnety spôsobovali laterálny bias pri určovaní azimutu a neplatné podnety zvyšovali štandardné odchýlky. Pri sluchových vodítkach nie je možné v získaných dátach pozorovať nejaké vplyvy. Taktiež nebol nájdený žiadny konzistentný vplyv informatívnosti vodítka (s výnimkou neplatných podnetov pri 80% informatívnosti, kde však bolo uskutočnené len malé množstvo meraní).

Bias spôsobený vizuálnymi vodítkami mohol byť spôsobený pozornosťou, ale taktiež pohybom očí a pohľadom na šípky (vizuálne vodítka). Keďže pohyb očí nebol v experimente sledovaný, ani fixovaný, nie je možné jednoznačne túto hypotézu vylúčiť. Taktiež nárast v štandardných odchýlkach pri vizuálnych vodítkach je možné priradiť k poznostným vplyvom, ale z experimentu nie je jasné, či sa jedná o vedome orientovanú (strategickú) alebo stimulom vyvolanú (automatickú). Keďže ale nie je veľmi pravdepodobné, že by automatická pozornosť mala vplyv aj pri SOA väčšom ako 1 s, sú výsledky s najväčšou pravdepodobnosťou spôsobené strategickou pozornosťou. Ďalej z výsledkov vyplýva, že sluchovú priestorovú pozornosť je možné riadiť vizuálne, ale sluchové vodítka nemajú žiaden vplyv.

Na odlišenie efektu pohybu očí od efektov pozornosti je potrebné vykonať nadväzujúce experimenty, v ktorých budú pohyby očí obmedzené.

## **PodĎakovanie**

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry SR v rámci grantovej úlohy VEGA 1/3134/06 - Unimodálne a krosmodálne riadenie strategickej pozornosti: behaviorálne experimenty a modelovanie.

## **Literatúra**

- [1] Kopčo, N, A Ler, and B Shinn-Cunningham (2001). "Effect of auditory cuing on azimuthal localization accuracy," JASA 109, 2377
- [2] Kopčo, N and B Shinn-Cunningham (2002). "Effect of Cuing on Sound Localization Accuracy in a Room," Presented at the MidWinter meeting of the ARO.
- [3] Sach, AJ, Hill, NI, and Bailey PJ. (2000) Auditory spatial attention using interaural time differences. JEP:HPP. 26(2):717-729
- [4] Spence, CJ and Driver J (1994) Covert spatial orienting in audition: Exogenous and endogenous mechanisms. JEP:HPP. 20(3): 555-574.