

# Směr v prostorovém vnímání<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Příspěvek je jedním z výstupů grantového projektu GA ČR 406/07/1676.

**Michal Šimeček**  
PsÚ AV ČR  
Veveří 97, Brno  
michal.simecek@volny.cz

**Radovan Šikl**  
PsÚ AV ČR  
Veveří 97, Brno  
sikl@psu.cas.cz

## Abstrakt

V experimentálním výzkumu vnímání prostoru se ustálily některé představy o vztahu mezi prostorem vnímaným a skutečným. Podle jedné z nich se člověkem vnímaný prostor s rostoucí vzdáleností smršťuje, jinými slovy musí být rozměry předmětů směřovaných od pozorovatele do prostoru čím dál větší, aby se stále jevíly jako stejné. Přirozeným doplňkem komprese vnímané velikosti ve směru od pozorovatele je percepční expanze ve směru k pozorovateli, a takový je i předpoklad vědecké komunity. Výsledky našich experimentů zaměřené na vztah mezi oběma směry v hloubkové dimenzi ovšem ukazují trendy neslučitelné s touto myšlenkou komplementarity. Naše percepční strategie se v obou směrech řídí poněkud jinými strategiemi a při vytváření vjemu pravděpodobně pracujeme s jinými zdrojovými informacemi. V důsledku toho se domníváme, že jednu z hlavních charakteristik prostoru – anizotropii – je správné vztahovat nejen na zjevně „otočené“ směry, ale i na směry „od sebe“ a „k sobě“, které jsou sice geometricky symetrické, ale percepčně (kognitivně, fenomenologicky) odlišné.

## Úvod

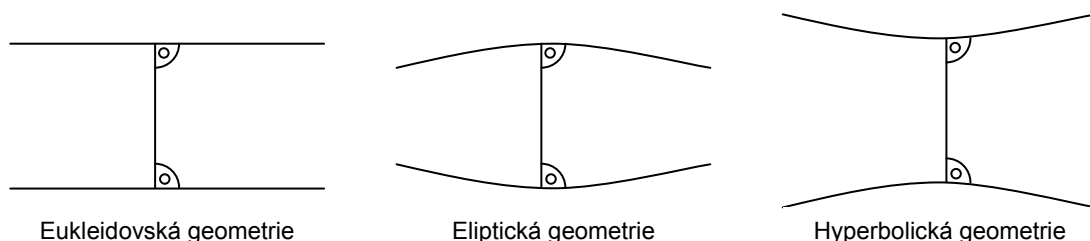
Naše reprezentace prostoru, který vnímáme zrakem, se od jeho skutečné (respektive fyzikální) podoby liší. To lze dokázat řadou experimentů a demonstrovat na mnoha tzv. zrakových klamech, které jsou známy po staletí a tisíciletí. Člověk vnímající svět kolem sebe nemá úplnou informaci o jeho prostorovém uspořádání, a je odkázán na řadu hloubkových nápovědí (*depth cues*), z nichž žádná samostatně není dostatečně přesná, ani detailní a také jejich dosah je různě omezený. Například binokulární disparita poskytuje prostorovou informaci pouze do vzdálenosti několika metrů, stejně je tomu s využitím informace o sbíhavosti očí a zaostření čočky. Naopak pohybové nápovědi jsou informativnější ve větších vzdálenostech (Cutting & Vishton, 1995). Informace získaná ze ztráty barevnosti u vzdálenějších objektů funguje jen na podstatně větších škálách a je závislá na počasí. Možnost získání informace z překrývání objektů nebo perspektivní nápovědi předpokládá splnění řady podmínek, jako je orientace podnětu (podnětů) do hloubky, kontury tvořené přímými liniemi, výskyt objektů v přibližně stejné části zorného pole. Podobně je tomu i u dalších nápovědí a „pomůcek“, které člověk pro vnímání hloubky využívá. Obecně se dá říci, že vjem prostoru odpovídá svou kvalitou počtu a kvalitě informačních zdrojů, které má pozorovatel v dané situaci k dispozici (Holway & Boring, 1941; Künnapas, 1968; Wagner, 1985). Rovněž hraje klíčovou roli osobní zkušenost pozorovatele (Epstein, 1963; Fukusima & Da Silva, 1999).

Při studiu prostorového zrakového vnímání se našlo množství charakteristických rozdílů mezi viděným a skutečným prostorem a tyto pravidelnosti byly mnohokrát experimentálně ověřeny a dobře zdokumentovány. Sem patří například zjištění, že délka orientovaná v hloubkovém, radiálním směru se pozorovateli jeví jako kratší než stejná délka orientovaná vzhledem k pozorovateli frontálně (Loomis et al., 1992, 2002). Podobně bylo zjištěno, že vnímaná délka ve směru do hloubky se jeví s narůstající vzdáleností jako čím dál kratší (Gilinsky, 1951; Baird & Biersdorf, 1967). Podle jiných výsledků se frontální linie na periférii zdánlivě zakřívují, a to v malých vzdálenostech směrem k pozorovateli, zatímco od určité vzdálenosti se směr zakřivení obrací (Koenderink et al., 2000).

Některé z těchto poznatků lze interpretovat tak, že pozorovatel vystavěl svůj vjem v první řadě na velikosti promítnutého obrazu objektu na sítnici (Levin & Haber, 1993). Toto vysvětlení ale není plně uspokojivé. Kdyby se naše vnímání hloubky prostoru řídilo ve vzdálenostech mimo dosah binokulárních nápovědí pouze velikostí sítnicového obrazu, viděli bychom svět velmi deformovaný a pravděpodobně též málo konsistentní nebo od určité vzdálenosti plochý. Tak tomu ale není ani v prostředí chudém na dostupné nápovědi. Nedostatečnost informace o prostoru obsažené na sítnici musíme nějak kompenzovat, abychom vůbec mohli vnímat prostor konsistentně. Konsistence znamená předvídatelnost, která je pro pozorovatele-aktéra nezbytná při konfrontaci s každodenními problémy. Konsistence ovšem neznamená absolutní přesnost. O některých specifických vnímaného prostoru vzhledem k prostoru fyzikálnímu jsme se již zmiňovali, ovšem výzkumníci ve svém úsilí jdou zpravidla ještě dále, spekulují o možnosti jednotné geometrie optického prostoru (Suppes, 1977; Wagner, 1985; Koenderink et al., 2000).

Ewig a Strawson (1974, 1976, podle Wagner, 2006) v souladu s Kantovými soudy nerozlišují ostře mezi vnímaným a fyzikálním prostorem; považují oba za aspekty jediného fenoménu. Gibson (1950, podle Wagner, 2006) rovněž považuje vnímaný prostor za ekvivalentní svému reálnému vzoru. Tito autoři odmítají spekulace o jiné než eukleidovské povaze prostoru. Tomu ovšem neodpovídají zjištění některých pozdějších autorů. Ti se zpravidla snaží postihnout geometrii vizuálního prostoru komplexně a využívají k tomu nekartezíánských geometrií Lobachevského a Bolyaie (hyperbolický prostor) nebo Riemannovy eliptické geometrie. Například podle Luneburgova matematického modelu (1947) se vizuální prostor zakřívuje hyperbolicky, podle výsledků novějších experimentů (Higashiyama, 1981, 1984; Ivry, & Cohen, 1987; Koenderink et al., 2000) se směr zakřivení mění se vzdáleností od pozorovatele.

*Obrázek 1: Chování rovnoběžných linií v prostorech s různým zakřivením*



Společným rysem těchto výzkumů je implicitní předpoklad ekvivalence prostorového vjemu ve vzájemně symetrických směrech. Výsledky ve směru nalevo a napravo od sagitální plochy by měly být shodné, stejně jako výsledky nad a pod úrovní horizontu. Co se týče hloubkových směrů, zde se vzhledem ke zjištěné kompresi předpokládá komplementarita percepčních

odhadů ve směru od  $a$  k pozorovateli. Následující experiment popisuje tento poslední předpoklad.

Gilinská (1951) nechala pokusné osoby vytvořit řadu intervalů v radiálním směru tak, že opakovaně replikovaly určený délkový interval ve směru od sebe. Každý další nastavený interval byl ve skutečnosti větší než ten předchozí, chyba se s rostoucím počtem intervalů kumulovala. Tento výsledek dokládá kompresi vizuálního prostoru se vzdáleností. Pokud by se postupovalo obráceně, tedy iniciální interval je intervalem posledním a proband má replikovat tuto délku postupně směrem k sobě, podle předpokladu by se došlo v podstatě ke stejným datům a poslední interval by měl přibližně velikost iniciálního intervalu z původního experimentu Gilinské. Tento „inverzní“ experiment se nicméně nedělal a metodika Gilinské byla – ovšem ze zcela jiných důvodů – opuštěna, ačkoli její výsledky jsou dodnes hojně citovány.

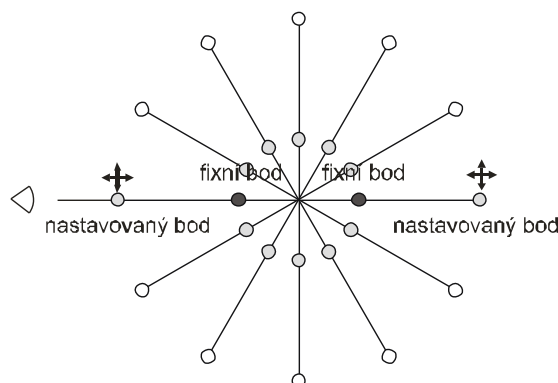
Explicitně formulovaný předpoklad hloubkové komprese prostorového vjemu s rostoucí vzdáleností od pozorovatele je přirozeně doplněn implicitním předpokladem expanze se zmenšující se vzdáleností. Přitom k takové domněnce neexistuje žádný důvod, obzvláště pokud úloha má směrový charakter. Například Koenderink a spol. (Koenderink et al., 2000) při zjišťování směrového zakřivení vizuálního prostoru používal nastavitelné ukazovátko, které měl proband namířit na vzdálený target. Dvojice target a ukazovátko sice v komplemetární konstelaci může mít stejnou průměrnou vzdálenost a také vzájemný rozdíl ve vzdálenostech, přesto obě situace nejsou percepčně symetrické a tento fakt může ovlivnit výsledky neočekávaným způsobem. Ve výsledcích takových studií se pak mohou snadno objevit misinterpretace.

Vytvořili jsme několik experimentálních úloh, které neměly sloužit k popisu geometrických vlastností vnímaného prostoru jako celku a které sledovaly jiné cíle. Konkrétně jsme zkoumali interakci mezi různými deskriptory vnímaného prostoru (délka a směr) v lokálních měřících a schopnost pozorovatele vytyčit v prostoru kolmice a rovnoběžky při různých orientacích podnětu.

### **Experiment 1** (Šikl & Šimeček, 2002)

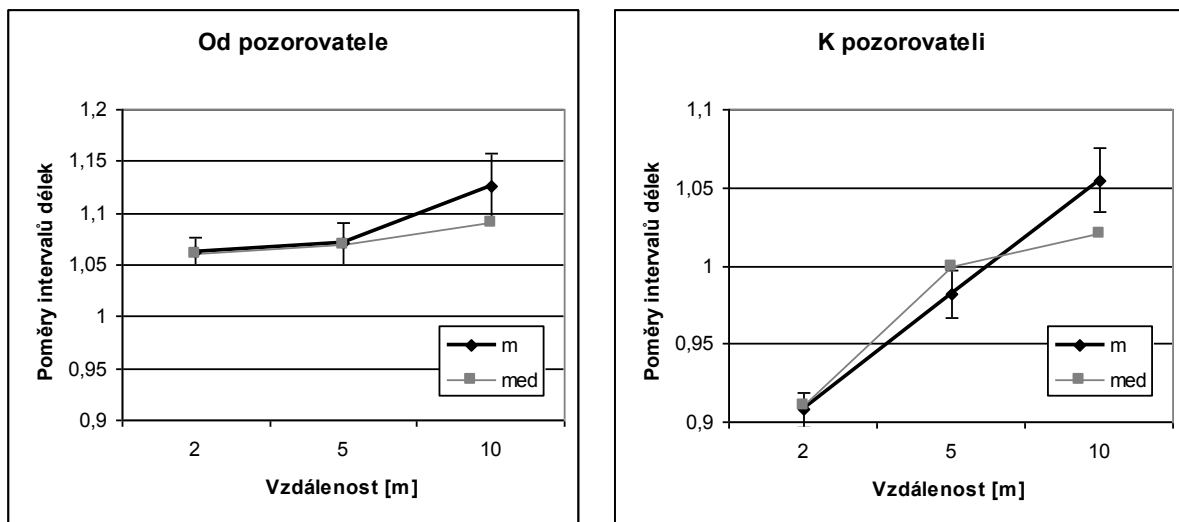
Ve vzdálenostech 2, 5 nebo 10m od pozorovatele byly v jedné z dvanácti prostorových orientací umístěné dva kolíky, vzdálené od sebe 1 metr. Úkolem bylo pomocí laserového ukazovátka vytyčit stejnou délku ve stejné orientaci na jednu a na druhou stranu od fixních kolíků. Sledovali jsme délku vytyčeného intervalu a jeho odchytku od požadovaného směru.

*Obrázek 2: Náčrt experimentu 1*



Mezi výsledky získanými směrem od pozorovatele a směrem k pozorovateli a předpokladem modelu je patrný nesoulad. Efekt hloubkové distorze vizuálního prostoru je omezený na radiální směr. V ostatních orientacích se systematické nadhodnocení nebo podhodnocení v podstatě neukázalo. Zatímco ale směrem od pozorovatele jsou výsledky dobře interpretovatelné jako vliv hloubkové komprese, ve směrech k pozorovateli se výsledky jako inverzní případ hloubkové komprese interpretovat nedají. Výsledky dokládají expanzi pouze v nejmenších vzdálenostech, do 2 metrů. Zde se ovšem podle literatury vnímaný prostor „chová“ zcela specificky. Ve větších vzdálenostech probandi navzdory předpokladu inklinovali spíše k podhodnocování délek (viz graf 3).

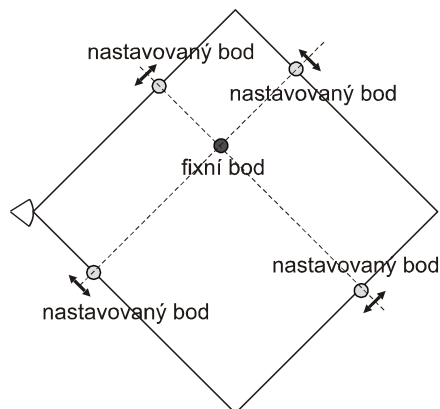
Graf 3: Experiment 1 - průměrné hodnoty adjustovaných délek v hloubkových orientacích, zvláště pro jednotlivé vzdálenosti.



### Experiment 2 (Šimeček & Šikl, 2006)

Ve čtverci o vyznačených stranách 4 nebo 10m byly umístěné podnětové body. Zkoumaná osoba, která stojí v jednom z vrcholů čtverce má za úkol těmito body vést rovnoběžky (resp. kolmice) se stranami čtverce.

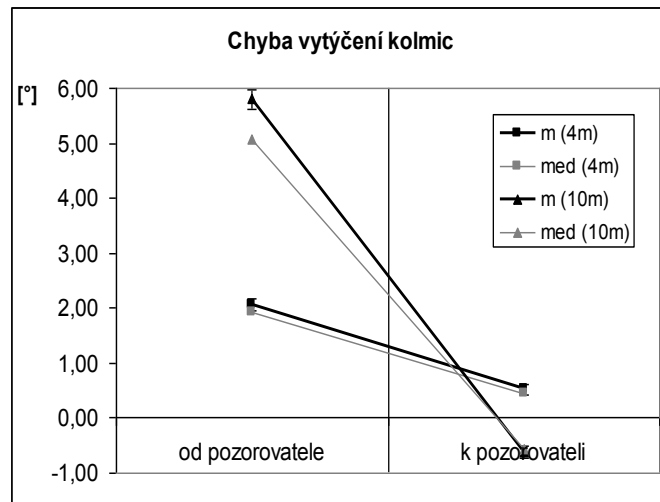
Obrázek 4: Náčrt experimentu 2



Ve druhém experimentu, kde případná hloubková komprese je v odpovědi obsažena nepřímo, spolu s dalšími percepčními sklony, jsme získali očekávané výsledky při vynášení na protilehlé strany čtverce, tedy od pozorovatele, a to u obou velikostí čtverce. Probandi směřovali kolmice více k protilehlému vrcholu čtverce, zejména ve větším čtverci (tj. při větší délce vztyčované kolmice). Naproti tomu v opačném směru, k pozorovateli bylo zkreslení odpovědí minimální a nikterak charakteristické (viz tabulka a graf 5). Podobně jako v prvním experimentu nejsou výsledky v obou hloubkových směrech komplementární.

Tabulka a graf 5: Experiment 2 - úhlové odchylky (kladné hodnoty směřují od pozorovatele).

	od pozorovatele	k pozorovateli
<b>Čtverec 4m</b>		
n	540	540
m	2,06	0,53
s	2,57	2,26
SD	0,11	0,10
med	1,91	0,45
<b>Čtverec 10m</b>		
n	652	652
m	5,80	-0,63
s	2,57	2,26
SD	0,10	0,09
med	5,06	-0,57

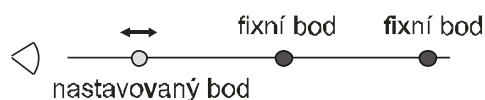


Vzhledem k tomu, že se v našich experimentech ukazuje nesoulad s teorií hloubkové komprese, rozhodli jsme se tuto nekonzistenci dále testovat.

### Experiment 3

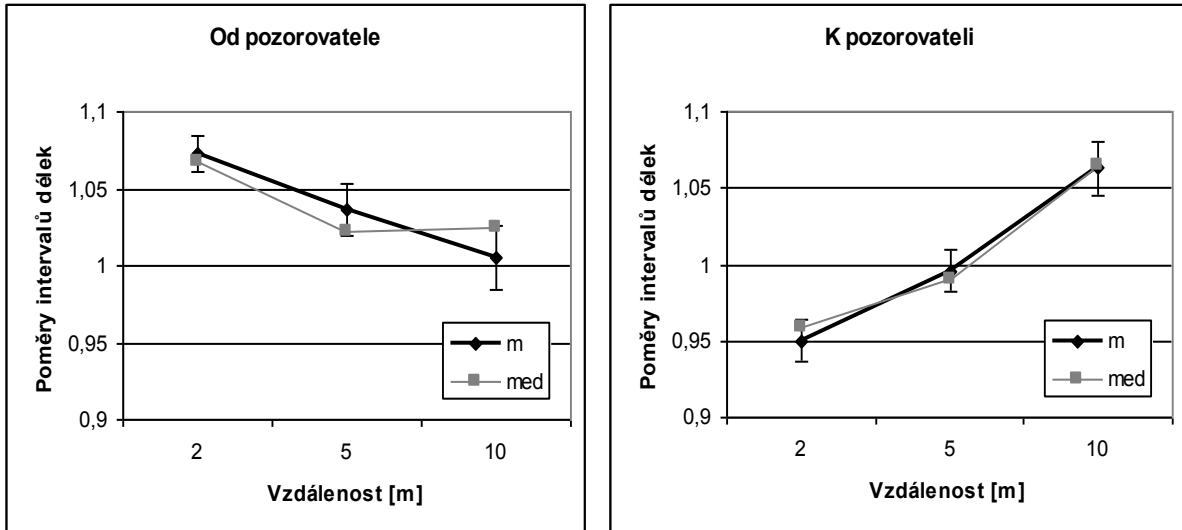
Ve vzdálenostech 2, 5 nebo 10m od pozorovatele se nacházel délkový interval tvořený dvěma kolíky o různé velikosti. Úkolem zkoumané osoby bylo v jednom nebo druhém hloubkovém směru umístit třetí, pohyblivý kolík tak, aby se replikoval délkový interval mezi kolíky fixními.

Obrázek 6: Náčrt experimentu 3 pro situaci „k sobě“.



Ve směru od pozorovatele byly nastavené délkové intervaly v průměru delší než výchozí intervaly (poměr obou délek je větší než 1,0), což je v souladu s výsledky experimentu Gilinské a s představou hloubkové komprese. Ve směru k pozorovateli byly stejně jako v prvním experimentu výsledky v souladu s předpokladem o kompresi pouze v malých vzdálenostech (2m). Ve vzdálenosti 5m se fixní délky a nastavované délky vyrovnávají a konečně v 10 metrové vzdálenosti je průměrná nastavovaná délka větší než fixní.

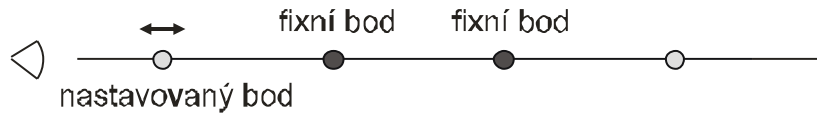
Graf 7: Experiment 3 - průměrné velikosti poměrů délek v pokusech od pozorovatele a k pozorovateli a jejich mediány pro jednotlivé vzdálenosti.



#### Experiment 4

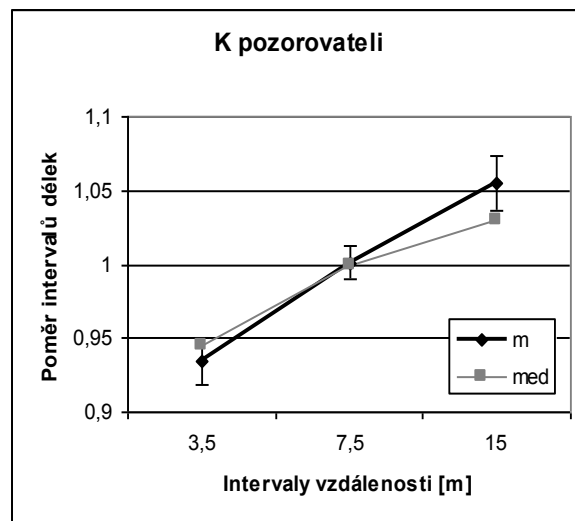
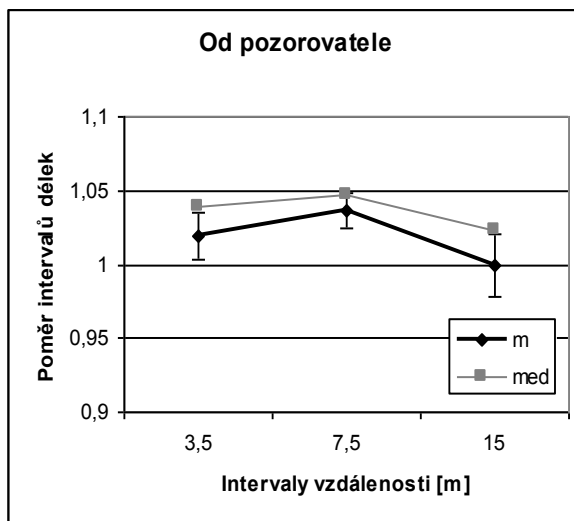
V místě stanoviště pozorovatele nebo ve vzdálenosti patnácti metrů byl v radiálním směru umístěn iniciální délkový interval (0,75m, 1m, 1,25m) vyznačený kolíky. Úkolem bylo postupně nanášet tento interval ve směru k pozorovateli nebo od něj. Kolíky z předešlých odpovědí byly jako přebytečné odstraňovány. Jedná se o replikaci experimentu Gilinské (1951), který byl cíleně doplněn o zrcadlový postup.

Obrázek 8: Náčrt k experimentu 4 (situace k sobě).



Pro každý jednotlivý pokus byl spočítán poměr fixního a nastaveného intervalu a byla mu přiřazena vzdálenost prostředního kolíku jako prostřední vzdálenost tohoto pokusu od pozorovatele. Data pak byla seskupena na pokusy od pozorovatele a k pozorovateli a kategorizována podle vzdálenosti od pozorovatele (intervaly 0 – 3,5m, 3,5 – 7,5m, 7,5 – 15m) tak, aby bylo dosaženo podobného formátu jako v experimentu 1, resp. experimentu 3.

Graf 9: Experiment 4 - průměrné velikosti poměrů délek v pokusech od pozorovatele a k pozorovateli a jejich mediány pro intervaly vzdáleností.



Ve směru od pozorovatele se intervaly prodlužují v souladu s výsledky experimentu Gilinské (poměr obou délek je větší než 1,0). Výjimkou je pouze množina pokusů se vzdáleností od 7,5 do 15m, kde je ale značná variabilita a data nejsou konsistentní. Ve směru k pozorovateli jsou výsledky v souladu s předpokladem o kompresi pouze v nejmenších vzdálenostech (poměr obou délek je menší než 1,0). S rostoucí vzdáleností však velikost poměrů stoupá nad jedna. Ve vzdálenostech nad 7,5m jsou pak nastavené délky větší než intervaly fixní.

## Shrnutí

Provedli jsme dva experimenty, které mají za cíl ověřit, zda se skutečně mění charakter hloubkové komprese vnímaného prostoru v závislosti na směru úlohy od a k pozorovateli. U experimentů 3 a 4 je patrná nízká konsistence dat (srovnej průměry a mediány). Přesto data z obou experimentů vykazují i přes poněkud rozdílnou metodiku mnoho společných rysů, ze kterých lze udělat předběžné závěry. Zatímco ve směru od pozorovatele je zřejmé celkové podhodnocení (nastavované intervaly jsou delší), ve směru k pozorovateli dochází k nadhodnocení jen v malých vzdálenostech. Toto nadhodnocení přechází ve větších vzdálenostech do podhodnocení, což není v souladu s představou hloubkové komprese a s existujícími modely zakřivení vizuálního prostoru.

## Diskuze

Domníváme se, že všechny prezentované experimentální situace (zejména experimenty 1, 3 a 4) a tedy i klasický experiment Gilinské mají společný určitý rys, pro který se na ně hypotéza hloubkové komprese vnímaného prostoru nedá aplikovat beze zbytku. Tímto společným rysem je orientovanost úlohy v určitém směru. Směr úlohy je dán v případě experimentů 1, 3 a 4 polopřímku, jejíž začátek je definován fixním bodem (kolíkem), zatímco na druhém „konci“ je bod (kolík), který má pozorovatel teprve nastavit. Pokud platí teze o hloubkové kompresi, pak to znamená, že ve zde prezentovaných případech působí směrovost úlohy dodatečné podhodnocení vnímaného prostoru, a to ve směru úlohy, pokud se jedná o směr k pozorovateli. Toto podhodnocení, vyvolané směrovou orientovaností úlohy k pozorovateli roste se vzdáleností od pozorovatele.

Hypotéza hloubkové komprese předpokládá pozorovatele v centru optického prostoru, od kterého se jev hloubkové komprese odvíjí. Naše pozorování ovšem ukazují na to, že by vedle toho mohlo v optickém prostoru existovat ještě druhé centrum zodpovědné za vlastní hloubkovou kompresi. Tímto druhým středem by mohlo být místo, ve kterém se konkrétní percepční úloha odehrává. Předpokládáme, že obě centra si budou ve svém vlivu na výsledný

vjem konkurovat. Obě budou přispívat poměrnou vahou, a tedy v blízkosti obou center bude jejich účinek patrnější. Zatímco při percepční adjustaci testového podnětu ve směru od původních podnětů směrem pryč do prostoru jsou oba vlivy souhlasné, sčítají se (proto jednoznačná komprese), tak ve směru k pozorovateli jdou svým vlivem proti sobě, jejich účinky jsou protichůdné: V menších vzdálenostech převažuje vliv pozorovatele (proto spíše expanze), který ale s rostoucí vzdáleností slábne na úkor vlivu druhého „těžiště“ (proto spíše komprese).

Uzavíráme, že směrově orientované úlohy se z principu ke zkoumání obecné distorze vizuálního prostoru nehodí. Neodvažujeme se přitom posoudit, zda výsledky znamenají omezení platnosti současné představy o hloubkové kompresi vnímaného prostoru na úlohy, které nejsou směrově orientované, nebo zda směrová orientovanost úlohy vnáší do vnímání takového prostorového uspořádání nový prvek ovlivňující konečný prostorový vjem pozorovatele.

Vymizení binokulárních nápovědí ve větších vzdálenostech podle nás není přímou příčinou hloubkové komprese. Kdyby tomu tak bylo, viděli bychom svět už od vzdálenosti několika metrů ploše. Věříme, že v těchto vzdálenostech přichází ke slovu ostatní nápovědi o hloubce (azimut, gradient textury, okluze...), které jsou více založeny na nesamozřejmých předpokladech, nebo jejich informace o hloubce není přesná, anebo je jejich kvantifikační úroveň výsostně ordinální. Tyto nápovědi se pak mohou podílet na zjištěných zkresleních v určitých speciálních případech, ačkoli celkový obraz pozorované scény dokážou vytvořit plastický a celkem konsistentní.

## Literatura

- Ames, A. (1955). An Interpretative Manual for the Demonstrations. in the Psychology Research Center, Princeton University. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Cutting, J.E., & Vishton, P.M. (1995). Perceiving layout: The integration, relative dominance, and contextual use of different information about depth. In: Epstein, W., & Rogers, S. (Eds.), Handbook of Perception and Cognition: Vol. 5: Perception of Space and Motion. NY: Academic Press, s. 69-117.
- Gilinsky, A.S. (1951). Perceived size and distance in visual space. *Psychological Review* 58, 460-482.
- Holway, A. H., & Boring, E. G. (1941). Determinants of apparent visual size with distance variant. *American Journal of Psychology* 54, 21-37.
- Koenderink, J.J., van Doorn, A.J. & Lappin, J.S. (2000). Direct measurement of the curvature of visual space. *Perception* 29, 69-79.
- Künnapas, T.M. (1968): Distance perception as a function of available cues. *Journal of Experimental Psychology* 77, 523-529.
- Levin, Ch.A. & Haber, R.N. (1993). Visual angle as a determinant of perceived interobject distance. *Perception & Psychophysics* 54, 2, 250-259.
- Luneburg, R.K. (1947). *Mathematical Analysis of Binocular Vision*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Norman, J.F., Todd, J.T., Perotti, V.J. & Tittle, J.S. (1996). The visual perception of three-dimensional length. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 22, 1, 173-186.
- Suppes, P. (1977). Is visual space Euclidean? *Synthese* 35, 397-421.
- Šikl, R., Šimeček, M. (2002). Rozměr a orientace: spojitě nádoby percepčního hodnocení prostoru. *Československá psychologie*, 46 (6) 490-508.



- Šimeček, M., Šikl, R. (2006). Vybrané otázky experimentálního přístupu vnímání prostoru. Sborník z konference Kognice 2006. PsÚ AV ČR. ISBN 80-86174-10-7. s. 197 – 201.
- Toye, R.C. (1986). The effect of viewing position on the perceived layout of space. *Perception & Psychophysics* 40, 2, 85-92.
- Wagner, M. (1985). The metric of visual space. *Perception & Psychophysics* 38, 6, 483-495.
- Wagner, M. (2006). *The Geometries of Visual Space*. LEA, Mahwah.