

Moderní technické kompenzační pomůcky využívající hmatové vnímání u osob se zrakovým postižením

Mgr. Kryštof Coufal, Mgr. Lenka Hovorková

Úvod

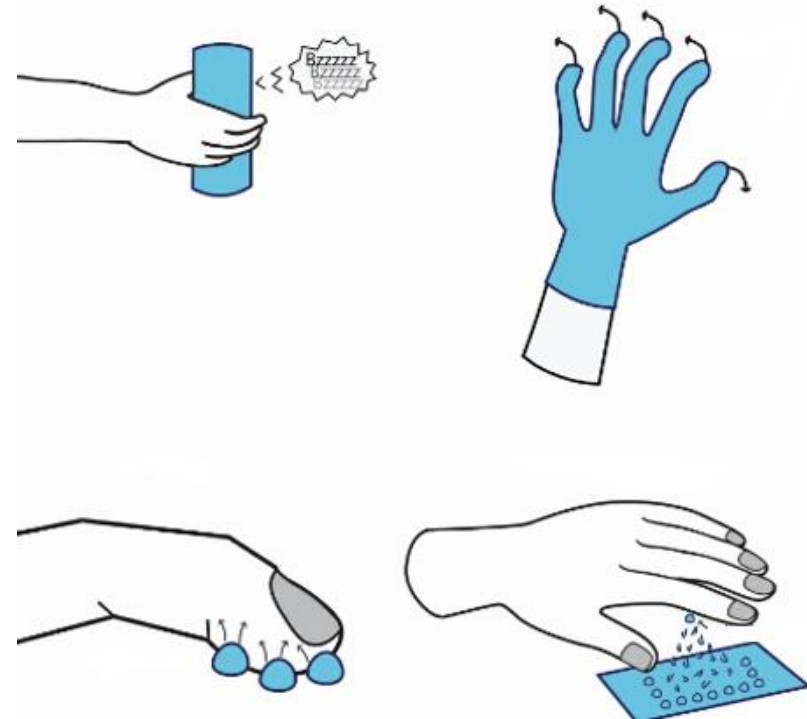
- S rozvojem haptických a jiných technologií pro intaktní osoby se stávají tyto technologie dostupné i pro využití u osob s těžkým zrakovým postižením.
- Mimo jiné v posledních letech zažila rozšířená realita velký rozmach. K herním headsetům využívajícím zrak a sluch tak přibylo nepřeberné množství haptických technologií (Haptické opasky, rukavice, periferie, vesty a jiné).
- Zároveň dochází k rapidnímu rozvoji autonomního řízení, ke kterému jsou potřeba technologie na rozpoznávání překážek.
- Využitím těchto technologií a jejich kombinací tak vzniká celá škála možných kompenzačních pomůcek pro cílovou skupinu.

Druhy hmatových receptorů

- **Mechanoreceptory** – rozlišování mechanických podnětů.
 - Merkelovy disky – **lehký dotyk a tlak** – slouží k rozpoznávání obrysů.
 - Meissnerova tělíska – **jemné chvění** – slouží k rozpoznání struktury objektu.
 - Ruffiniho tělíska – citlivé na **pohyby kůže** a zvyšující se **teplotu**.
 - Vaterova-Paciniho tělíska – citlivé na vysoké frekvence **vibrací** (100 – 300 Hz).
- **Termoreceptory** – dva druhy termoreceptorů reagují na teplotu vyšší respektive nižší než je teplota tělesná.
- **Nocireceptory** – receptory reagující na bolest.
 - Mechanosenzitivní – Silná mechanická stimulace.
 - Termosenzitivní – Teplota nižší než 10 °C a vyšší než 45 °C.
 - Polymodální – Chemické látky uvolňované při poškození tkáně.

Možnosti simulace haptických podnětů

- **Vibrotaktilní zpětná vazba** – využívá vibrací.
- **Kinestetika** (silová zpětná vazba) – simulovaný podnět klade uživateli odpor.
 - Pasivní – pouze omezuje pohyb uživatele až jej zcela zastavuje.
 - Aktivní – pohyb dokáže nejen omezit, ale sama s kloubem pohnout.
- **Kontaktní haptická zpětná vazba** – kontakt přímo s pokožkou uživatele (tření, deformace kůže, elektrostimulace).
- **Bezkontaktní haptická stimulace** – využívá proudů vzduchu k simulaci haptických podnětů (výhodou je průhlednost).
- **Simulace tepelných podnětů**



Haptické rukavice

- Sofistikované technické zařízení tvaru rukavice, které dokáže přenášet virtuální haptické podněty.
- Dokáže simulovat různě dokonalé představy o virtuálním objektu, interagovat a manipulovat s ním.
- Využití nalézají v armádě, výcviku krizových složek, vývoji, vědě, zábavním průmyslu.
- Objevují se pokusy haptické rukavice využít i u osob se zrakovým postižením.



Druhy haptických rukavic

- Haptické rukavice pro interakci.
 - Různé cenové kategorie (desítky dolarů, až tisíce).
 - Simulování různě přesných podnětů (od obecných pomocí vibrací po velmi přesné, obsahující strukturu objektu, teplotu, velikost).
- Rukavice konstruované pro osoby se zrakovým postižením.
 - V rámci prostorové orientace a samostatném pohybu.
 - Zpřístupnění umění.
 - Sloužící pro komunikaci.



Teoretické výhody haptických rukavic

- Možnost hapticky simulovat trojrozměrné modely, podobně jako například 3D tisk.
- Na rozdíl od 3D tisku však mají haptické rukavice celou řadu výhod.
- Je možné využít stejný virtuální model, který slouží k vytištění, ale ten je možné rovnou do rukavic nahrát.
- Je možné s modely interagovat – zvětšovat je, zmenšovat, měnit se pod silou stisku, uvést je do pohybu...
- Mohou mít jiné fyzikální vlastnosti – simulace tuhosti, odporu, struktury.
- Je možné simulovat teplotu objektů.

Možnosti uplatnění u cílové skupiny

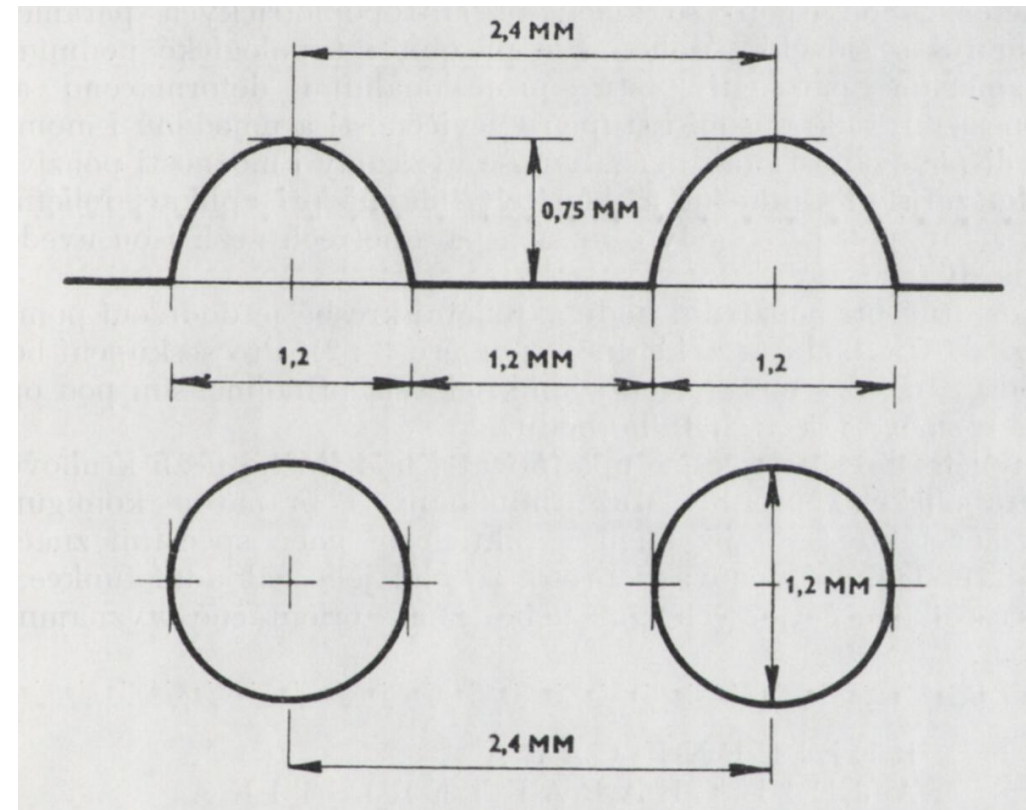
- Interakce s 3D i 2D hmatovými prvky tudíž i tyflografikou a Braillem
- Rozvoj hmatového vnímání
- Vzdělávání
- Pracovní uplatnění
- Rozvoj dovedností v bezpečném prostředí
- Motivační charakter

Rizika a limity používání haptických rukavic

- Nedožrálá technologie.
- Chybějící reálná aplikovatelnost.
- Poměr cena výkon.
- Požadavky na rozlišení.
- Obrovské množství dat sbíraných o uživateli.
- Náchylnost hmatu na zneužití, manipulaci.
- Poškození z opakovaného namáhání.
- Uncanny valley of haptics

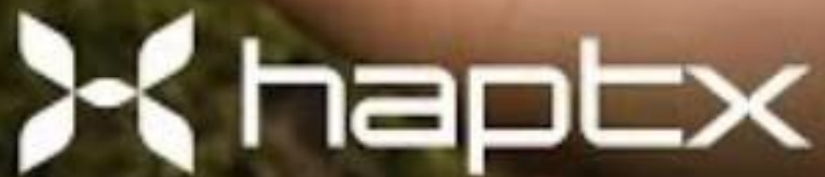
Experimentální ověřování prostorového prahu citlivosti

- Neexistuje standardizace minimálního prostorového prahu citlivosti.
- Existuje maximální hodnota prostorového prahu citlivosti (Jesenský 2,4 mm; Wabinski 5-6 mm).
- Potřeba zjistit minimální prostorový práh u osob s aktivně rozvíjeným hmatem.
- Testovací baterie kombinující různé velikosti a zároveň i vzdálenosti bodů.
- Maximální prostorový práh citlivosti se u zkoumaného vzorku nacházel **mezi 2 a 1,5 mm**.
- Minimální prostorový práh citlivosti se u zkoumaného vzorku nacházel **pod 0,5 mm**.





Virtual reality
has never felt
this real.



Pomůcky pro oblast POSP

- Navigační opasky, náhrdelníky, headsety (Active Belt, naviBelt, Lumen Glasses, NOA...)
 - Navigace podle trasy (GPS, mobilní telefon).
 - Rozeznávání překážek v různých výškách (LIDAR, kamery).
 - Haptická zpětná vazba, případně i hlasová.
- Chytré bílé hole (WeWalk)
 - Využívají LIDARu, a/nebo kamer k rozeznávání překážek a GPS k navigaci.
- Tyto pomůcky mohou představovat částečnou alternativu k vodícím psům, která je cenově dostupnější.

Haptické tablety

- V posledních letech se objevují tablety, které mají displej složený z haptických bodů podobných bodům na Braillových řádcích.
- Na rozdíl od nich však mají více řad a dokáží tak nejen ukazovat Braillový text, ale tvořit i složitější obrazce.
- Nicméně jelikož při čtení Braillova bodového písma je potřeba rozeznat jednotlivé body, rozezná uživatel jednotlivé body i při práci s tyflografickým zobrazením.
- Nevzniká tak jednolitý obraz, ale obraz složený z mnoha bodů, který nevytváří reálnou představu.
- Reálná uplatnitelnost takovýchto zařízení je velmi omezená.

Závěr a diskuse

- Současné haptické technologie jsou v poměrně ranném stádiu vývoje.
- Dokáží dobře simulovat obecné hmatové podněty a ty efektivně využívat.
- Simulace realistických hmatových podnětů, zvláště u osob s rozvinutým hmatem, je technologicky velmi náročná a tudíž i finančně.
- Současné haptické rukavice potřebné hustoty bodů nedisponují
- Existují nemalá rizika využívání haptických technologií. Haptické technologie musí být naprosto spolehlivé, aby jim člověk mohl důvěřovat a plně na ně být odkázán.
- Odklon zrakově postižených od haptizace k odečítačům, předčítačům atp. – možnost využít jako motivaci.
- Nové možnosti interakce s hmatovými podněty.
- Nabytí jistoty pro běžné činnosti – možnost vyzkoušet si mnohé činnosti v bezpečí virtuálního prostředí.
- Substituce vodících psů – dostupnější.

Zdroje:

- **COUFAL, Kryštof.** *Rozšířená realita: evaluace využitelnosti u osob se zrakovým postižením a jejich případné přizpůsobení specifickým cílové skupiny.* Online, Diplomová práce. Olomouc: Pedagogická fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 2024. Dostupné z: <https://theses.cz/id/igy17m/>
- **DE BONET, Lucas.** *LucidGloves: VR Haptic Gloves on a budget* | Hackaday.io, 2021 [online] [vid. 2025-03-08]. Dostupné z: <https://hackaday.io/project/178243-lucidgloves-vr-haptic-gloves-on-a-budget>
- **FINKOVÁ, Dita.** *Rozvoj hapticko-taktilního vnímání osob se zrakovým postižením.* Olomouc: Univerzita Palackého, 2011. ISBN 978-80-244-2742-3
- **HAPTX INC.** *Haptic gloves for virtual reality and robotics, HaptX*, 2024. [online] [vid. 2025-03-08]. Dostupné z: <https://haptx.com/>
- **JESENSKÝ, Ján.** *Hmatové vnímání informací s pomocí tyflografiky.* Praha: SPN, 1988. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:7c4a1130-3e42-11e4-bdb5-00505682520>
- **ROKYTA, Richard.** *Fyziologie a patologie fyziologie: pro klinickou praxi.* Praha: Grada Publishing a.s., 2015. ISBN 978-80-247-4867-2
- **SENSEGLOVE.** *Haptic Solutions For Training & Marketing* | SenseGlove, SenseGlove, 2022 [online] [vid. 2025-03-08]. Dostupné z: <https://www.senseglove.com/solutions/>
- **SIEGEL, Corey a Ti, ZHAO.** *Haptic Glove.* Cornell University, 2008 [online] [vid. 2025-03-08]. Dostupné z: https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/s2008/crs54_tz36/crs54_tz36/twocolumn.html
- **VEZZOLI, Eric, Gijs, DEN BUTTER a SCHRIJNEMAEKERS, CHLOĚ.** *SenseGlove Webinar: Designing Haptics for Immersive Technologies - YouTube.* SenseGlove, 2023. [online] [vid. 2025-03-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=vbG3uR3qi9sVEZZOLI>
- **VEZZOLI, Eric, Chris, ULLRICH, Gijs, DEN BUTTER a Rafal, PIJEWSKI.** *XR Haptics: Implementation & Design Guidelines ; with Enterprise VR application areas, use cases, and implementation examples.* San Francisco, CA: Haptics Industry Forum, 2022. ISBN 978-0-578-39120-5.
- **WABIŃSKI, Jakub, Emilia, ŚMIECHOWSKA-PETROVSKIJ a Albina, MOŚCICKA.** Applying height differentiation of tactile symbols to reduce the minimum horizontal distances between them on tactile maps. *PLOS ONE*, 2022 [online]. 17(2), e0264564. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0264564
- <https://www.perkins.org/resource/blitab-android-tablet-14-row-braille-display/>
- https://youtu.be/2C2_kbjtjRU