

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0202****Vylepšovanie kognície a motorickej rehabilitácie s využitím zmiešanej reality**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Igor Farkaš, PhD.**Príjemca **Univerzita Komenského v Bratislave - Fakulta matematiky, fyziky a informatiky**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave
Ústav merania, Slovenská akadémia vied, Bratislava
Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Na riešení projektu sa výskumne podieľal Dr. L. J. Trejo, Pacific Development and Technology, LLC, Palo Alto, California.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Podaná prihláška na patent: Tréningový systém zraku na terapiu farbecitu a strabizmu s využitím virtuálno-realistických technológií na báze virtuálnej jaskyne, TU Košice, <https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/Patent/Detail/77-2020>

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Hudák M., Korečko Š., Sobota B.: LIRKIS G-CVE: Current State and Utilization Perspective. In: Open Computer Science. Varšava: De Gruyter Poland, 11(1), 2021, s. 99-106 [online].

ISSN 2299-1093, <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/comp-2020-0124/html>.Hudák M., Korečko Š., Sobota B.: LIRKIS Global Collaborative Virtual Environments: Current State and Utilization Perspective. Open Computer Science, 11(1), 99-106, 2020, De Gruyter, ISSN 2299-1093, <https://doi.org/10.1515/comp-2020-0124>Korečko Š., Hudák M., Sobota B., Sivý M., Pleva M., Steingartner W.: Experimental Performance Evaluation of Enhanced User Interaction Components for Web-Based Collaborative Extended Reality. In: Applied Sciences. Bazilej (Švajčiarsko): Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 11(9), 2021, s. [1-24] [online]. ISSN 2076-3417, <https://doi.org/10.3390/app11093811>Korečko Š., Hudák M., Sobota B.: LIRKIS CAVE: Architecture, Performance and Applications. Acta Polytechnica Hungarica, 16(2), 199-218, 2019. https://www.uni-obuda.hu/journal/Korecko_Hudak_Sobota_89.pdfKorečko Š., Sobota B., Hudák M., Farkaš I., Cimrová B., Vasil' P., Trojčák D.: Experimental Procedure for Evaluation of Visuospatial Cognitive Functions Training in Virtual Reality. In: Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics (AISI), Springer, s. 652-661, 2019, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31129-2_59

Korečko Š., Hudák M., Sobota S., Marko M., Cimrová B., Farkaš I., Rosipal R.: Assessment and training of visuospatial cognitive functions in virtual reality: proposal and perspective. In: Proceedings of 9th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), 2018, Budapest, p. 39-43, Danvers: IEEE (best paper award), <http://cogsci.fmph.uniba.sk/~farkas/Papers/korecko-et al.cogincom18.pdf>

Marko M., Cimrová B., Riečanský I.: Neural theta oscillations support semantic memory retrieval. Nature: Scientific Reports, 9(1), 1-10, 2019, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53813-y>

Rosipal R., Porubcová N., Barančok P., Cimrová B., Farkaš I., Trejo L.J. Effects of mirror-box therapy on modulation of sensorimotor EEG oscillatory rhythms: A single-case longitudinal study. Journal of Neurophysiology, 2019, <https://doi.org/10.1152/jn.00599.2018>

Rošťáková Z., Rosipal R.: Profiling continuous sleep representations for better understanding of the dynamic character of normal sleep. Artificial Intelligence in Medicine, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.12.009>

Rošťáková Z., Rosipal R., Seifpour S., Trejo, L.J.: A comparison of non-negative Tucker decomposition and parallel factor analysis for identification and measurement of human EEG rhythms. In Measurement Science Review, 20(3), 126-138, 2020, ISSN 1335-8871, <https://doi.org/10.2478/msr-2020-0015>

Rošťáková Z., Rosipal R., Seifpour S.: Tucker tensor decomposition of multi-session EEG data. In Artificial Neural Networks and Machine Learning (ICANN) 2020, vol. 12396, p. 115-126, LNCS, Springer, ISSN 0302-9743, https://doi.org/10.1007/978-3-030-61609-0_10

Rošťáková Z., Rosipal R.: Time Alignment as a Necessary Step in the Analysis of Sleep Probabilistic Curves. Measurement Science Review, 18(1):1-6, 2018, <https://doi.org/10.1515/msr-2018-0001>

Sobota B.: Virtual Reality Systems Lecture notes for foreign students (1. vyd.), Technická univerzita v Košiciach, 2021, 414 str. [CD-ROM]. ISBN 978-80-553-3941-2.

Uplatnenie výsledkov projektu

Ohľadne časti A, v širšom kontexte technologickému pokroku, výsledky umožnia lepšie pochopiť účinky rozšírených svetov (virtuálna a zmiešaná realita) na ľudské vnímanie a myseľ a lepšie porozumieť asociovaným adaptačným procesom. To môže následne viesť k úprave nových technológií, ktoré sa postupne môžu stať užitočnou súčasťou nášho každodenného života.

Ohľadne časti B, výsledky projektu sú využiteľné pri zdokonaľovaní neurorehabilitačnej terapie pacientov s motorickým poškodením hornej končatiny, v kontexte využitia moderných technológií, ako napr. mentálne ovládanie robotickej dlahy pomocou mozgovovej aktivity, s využitím virtuálnej reality, a s možnou účasťou experimentátora.

Vyvinuté univerzálne technológie na báze rozšírenej reality s podporou webu ponúkajú aj ich širšie využitie mimo rámca tohto projektu.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Výskumný projekt mal dve hlavné časti: Časť A bola zameraná na testovanie vybraných kognitívnych funkcií u zdravých participantov v dôsledku tréningu. Testovali sme vplyv špeciálneho kognitívneho tréningu na zlepšenie vizuálno-priestorovej pracovnej pamäti. Nadizajnovali sme prostredie virtuálnej reality (TUKE), implementáciu vhodnej počítačovej hry a sadu testovacích procedúr zameraných na meranie behaviorálneho účinku tréningu, ako aj neurofyziologických mier (mozgový potenciál viazaný na udalosť, ERP) s cieľom merať skoré a neskoré kognitívne odpovede skúmaných osôb. Experimentálna skupina (14 subjektov) absolvovala tréning v Košiciach ako aj 3 merania počas jedného mesiaca, kontrolná skupina (15 participantov) meraná na FMFI UK absolvovala len merania v úlohe detekcie zmeny cieľového objektu. Očakávané zlepšenie v presnosti vizuálnej pracovnej pamäti v tréningovej skupine (hlavná hypotéza) naprieč tromi meraniami sa nepreukázalo. Experiment však potvrdil viaceré očakávania, ako napríklad to, že presnosť vizuálnej pracovnej pamäti sa znížila pri vyššom počte cieľov a v prítomnosti distraktorov, čo poukazuje na skutočnosť, že pri vyššom počte relevantných a irelevantných podnetov bola úloha náročnejšia, teda validujú dizajn úlohy. Analýza preukázala aj niektoré efekty interakcie. Na úrovni mozgových signálov (spriemerné CDA vlny) sme pozorovali očakávané závislosti v oboch skupinách participantov.

Časť B bola zameraná na neurorehabilitáciu pacienta s ľahkým poškodením pohybu hornej končatiny (dôsledok cievnej mozgovej príhody) ako aj extrahovanie oscilačných EEG rytmov spojených s mentálnou predstavou pohybu. Realizovali sme úspešné neurorehabilitačné cvičenia (počas 5 týždňov) s inteligentným robotickým systémom BCI-RAS, vyvinutým v predchádzajúcom projekte APVV, kde bol zakomponovaný dôležitý modul funkcionálnej elektrickej stimulácie (FES). V oblasti extrakcie oscilačných mozgových rytmov prostredníctvom kompaktnej priestorovo-frekvenčnej reprezentácie EEG sme navrhli a porovnali dva modely tenzorovej dekompozície EEG signálu (PARAFAC a Tucker3), a ich výhody v porovnaní s inými metódami (lineárne priestorové filtre). Pre sprostredkovanie neurorehabilitácie pacientov bol vyvinutý simulátor virtuálnej ľudskej ruky umožňujúci jej vizualizáciu a ovládanie. V priebehu vývoja boli aplikované webové technológie (zdieľané kolaboratívne virtuálne prostredie LIRKIS-GCVE na báze vizualizačného rámca A-frame, prostredníctvom ktorých sme navrhli a implementovali vzdialený webový rehabilitačný systém, použiteľný experimentátorom (terapeutom) aj na diaľku.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The research project had two main parts: Part A focused on testing selected cognitive functions in healthy participants as a result of training. We tested the effect of special cognitive training on the improvement of visual-spatial working memory (VWM). We designed a virtual reality CAVE environment (TUKE), the implementation of a suitable computer game, and a set of testing procedures aimed at measuring the behavioral effect of training as well as neurophysiological measures (event-related brain potential, ERP) to measure early and late cognitive responses. The experimental group (14 subjects) completed training in Košice as well as three measurements during one month, the control group (15 participants) measured at FMFI UK completed only measurements in the change detection task. The expected improvement in the accuracy of the VWM in the training group (main hypothesis) across the three measurements was not demonstrated. However, the experiment confirmed several expectations, such as that the accuracy of the VWM decreased with a higher number of targets and in the presence of distractors, which points to the fact that with a higher number of relevant and irrelevant stimuli the task was more demanding, thus validating the experimental design. The analysis also showed some interaction effects. At the level of brain signals (averaged ERP waves), we observed the expected dependencies in both groups of participants.

Part B focused on the neurorehabilitation of a patient with mild upper limb movement impairment (due to stroke) as well as the extraction of oscillating EEG rhythms associated with imagined limb movement. We implemented successful neurorehabilitation exercises (for 5 weeks) with the intelligent robotic system BCI-RAS, developed in the previous project APVV, where an important module of functional electrical stimulation was incorporated. In the field of extraction of oscillating brain rhythms by means of compact spatial-frequency representation of EEG, we designed and compared two models of tensor decomposition of EEG signal (PARAFAC and Tucker3), and their advantages in comparison with other methods (linear spatial filters). For neurorehabilitation, web technologies (shared collaborative virtual environment LIRKIS-GCVE based on the visualization framework A-frame) were also developed and successfully tested, through which we designed and implemented a remote web rehabilitation system, usable by the experimenter (therapist) also remotely.