

Číslo projektu: TJ02000036

Název projektu: „Zpátky za volant – Diagnostický a rehabilitační nástroj pro osoby po poškození mozku“

Autoři: Ing. Michaela Hourová, Ing. et Ing. Jan Hejda Ph.D., Bc. Jan Hýbl, Ing. Petr Volf, doc. Ing. Patrik Kutílek, Ph.D.

Řešitelský tým: Mgr. Kristýna Bernášková – hlavní řešitelka, Mgr. Anna Francová, Mgr. Michaela Vlasáková Charyparová, Mgr. Hana Gruntová Kolingerová, Mgr. Hana Růžička, Bc. Sára Havlíková, Bc. Eliška Burdová, Ing. Michaela Hourová, Ing. et Ing. Jan Hejda Ph.D., Bc. Jan Hýbl, Ing. Petr Volf

T A

Č R

Anotace: Tato technická zpráva popisuje druhou etapu vývoje Funkčního vzorku diagnostického a tréninkového zařízení pro osoby po poškození mozku. Součástí zprávy je popis specifikace elektronických snímačů, dalších elektronických součástí, parametrů výpočetní techniky pro zpracování měřených dat, návrh algoritmů a návrh konstrukčního uspořádání. Součástí zprávy je doporučení pro úpravy a optimalizaci konstrukce a software. Návrhy představují původní výsledky vývoje, tj. inovativní návrhy pro odbornou prezentaci.

T A

Č R

I. Návrh hardware

Na základě výsledků analýz současného stavu v Technické zprávě z etapy vývoje 2. jsou navrženy hardwarové prostředky pro souběžně monitorování biomedicínských a trenažerových data pro screening a preselekcí řidičů-pacientů. Trenažerová část umožňuje monitorování řídičských dat a poskytuje prostřednictvím senzorů informaci o:

- poloha plynového pedálu,
- poloha spojového pedálu,
- poloha brzdového pedálu,
- natočení volantu,
- zařazená rychlostního stupně,
- poloha blinkrů,
- aktivace funkčních tlačítek na volantu,
- aktivované stěrače,

Dále jsou v rámci rešerše vybrány a navrženy charakteristiky chování vozu ve virtuálním prostředí, jedná se o:

- otáčky motoru
- koordináty polohy vozu ve virtuálním prostředí
- orientace vozu ve virtuálním prostředí
- rychlost vozu

Pro záznam biomedicínských dat za účelem následného hodnocení a určení psychického stavu a řídičských schopností řidiče-pacienta jsou vybrány a navrženy tyto senzory/systemy:

- systém měření tepové frekvence,
- elektronický teploměr pro měření teploty těla pacienta/řidiče,
- akcelerometry pro měření akcelerace předloktí,
- systém pro záznam koordinátů pohledu očí na monitor.

T A Č R

Hardwarová část simulátoru bude tvořena třemi širokoúhlými monitorů. Hlavní (středový monitor) je navrženo umístit kolmo na polohu řidiče, což bude zajištěno sedem řidiče-pacienta v sedadle. Boční monitory budou nakloněny v úhlu 45° k středovému monitoru. Sedadlo bude nastavitelné vodorovně a svisle, což umožní ideální polohu řidiče-pacienta za volantem. Konstrukce pro nastavení posunu sedadla by měla být spojena s konstrukcí pro montáž monitorů pomocí šroubů s ohledem na možné oddělení pro přepravní potřeby. Sedadlo musí umožnit polohování řidiče-pacienta osobám starajícím se o pohybově handicapované osoby.

Jak volant bude použit typ Thrustmaster T500 RS GT, který bude pevně připevněn ke stejné konstrukci stejně jako sedadlo. Výhodou tohoto volantu je sada tlačítek, která lze použít pro potřeby hodnocení aktivity subjektů v souladu se scénáři. Volant by měl být doplněn ovládacími prvky stěračů a směrových světel.

Kompletní pedálový systém je zvolen typ Thrustmaster T3PA-Pro (plyn, brzda a spojka) a měl by být umístěn na konstrukci pod monitory a upraven rozšířením původní plochy pedálů z důvodu lepšího ovládní pedálů osobami s pohybovým handicapem.

Řadicí páku předpokládáme typu Thrustmaster TH8A, která může být vhodně umístěna na pravé straně montážní konstrukce sedadla, lze na ní nastavit požadovaný počet rychlostních stupňů s ohledem na typ automobilu a bude vhodně konstrukčně upravena pro pevnější uchycení ke konstrukci trenažéru.

Součástí trenažéru bude také ruční brzda Thrustmaster TSSH Sparco, která je z pohledu řidiče umístěna na pravé straně a je pro realizaci trenažéru, stejně jako ostatní výše uvedené komponenty, také finančně dostupná s předpokladem uplatnění v sériové výrobě.

Trenažer by měl být konstrukčně také vybaven robustním opěradlem před volantem, které uzpůsobí trenažér k lepšímu usedání do sedadla osobám s pohybovým handicapem.

Uvedené uspořádání pro simulaci řízení s možností zpracování trenažérových dat je navrženo jako automobilový trenažér typu 3. splňující podmínky zákona č. 247/2000 Sb. Trenažér poskytuje informaci o situacích ve virtuálním prostředí v závislosti na čase, včetně časových značek. Data je vhodně možné synchronizovat s jinými měřicími přístroji.

Pro část hardware umožňující záznam odlišných biomedicínských dat budou voleny snímače/systému umožňující realizaci úprav pro synchronizovaný záznam dat. Pro potřeby záznamu srdeční aktivity se je možné použít bezdrátové 12vodičové EKG EDAN SE-1515 DX12 PC se vzorkovací frekvencí 500 Hz. Pro účely měření se používají vodiče Einthoven s použitím svorky nebo standardních elektrod Ag / AgCl. Pro záznam koordinátů pohledu oka je vhodně využitelný modul Tobii Eye Tracker 4C s frekvencí záznamu 90Hz a operační monitorovací vzdáleností 50 - 95 cm. Pro účely sledování pohybu horních končetin a teploty se je navržena dvojice bezdrátových 9-IMU jednotek MbientLab MetaMotionC umístěných v pouzdře na předloktích. Tyto jednotky umožňují

T A

Č R

záznam na 8MB NOR Flash paměť a asynchronní přenos dat v reálném čase na stanici pro vyhodnocení dat biometrického záznamu a dat z trenážeru pomocí Bluetooth Low Energy (BLE).



Obr. 1: Detailní pohled na navrženou řadící páku a senzory pro záznam tepové frekvence, akcelerace předloktí a teploty.

II. Návrh software zařízení

Softwarová část simulátoru je navržena pro simulaci silničního provozu a záznam a ukládání biomedicínských a trenážerových dat. Výhodou tohoto řešení je schopnost vytvářet vlastní objekty, mapy a scénáře, včetně spouštěčů jednotlivých scénářů. Jako spoušť se používá aktuální poloha vozu. Výstupem ze software je v reálném čase prezentace záznamu a ukládání biomedicínských a trenážerových dat pro další hodnocení instruktorem nebo zdravotnickým personálem.

Část aplikace pro simulaci silničního provozu umožní vytvářet vlastní objekty, mapy a scénáře, včetně spouštěčů jednotlivých scénářů. Jako spoušť se může využít s výhodou aktuální poloha vozu. Navržené a do software implementované simulace provozu se sledovanými a hodnocenými charakteristikami jízdy a chování řidiče:

- 1) Jízda na parkovišti (hodnocení základních dovedností ovládnání vozu - rozjezd, jízda vpřed, zatáčení, řazení atd.).
- 2) Dálnice (testování zorného pole, schopnost udržovat vůz v jízdním pruhu, schopnost udržovat rychlost atd.).
- 3) Jízda bez provozu ve městě (reakce řidiče na semaforey, schopnost udržovat jízdu v jízdním pruhu při odbočování atd.).

T A Č R

- 4) Sledování druhého vozu (schopnost udržovat bezpečnou vzdálenost od vozu).
- 5) Řízení vozu ve městě s hustým provozem (reakce na jiná auta a schopnost dodržovat pravidla silničního provozu).
- 6) Krizová/nebezpečná situace (reakční doba řidiče).

Trenažér poskytne informaci o situacích ve virtuálním prostředí v závislosti na čase, včetně časových značek. Data je možné synchronizovat s jinými měřicími přístroji. Údaje o jízdě je možné dopočítávat vytvořeným software.

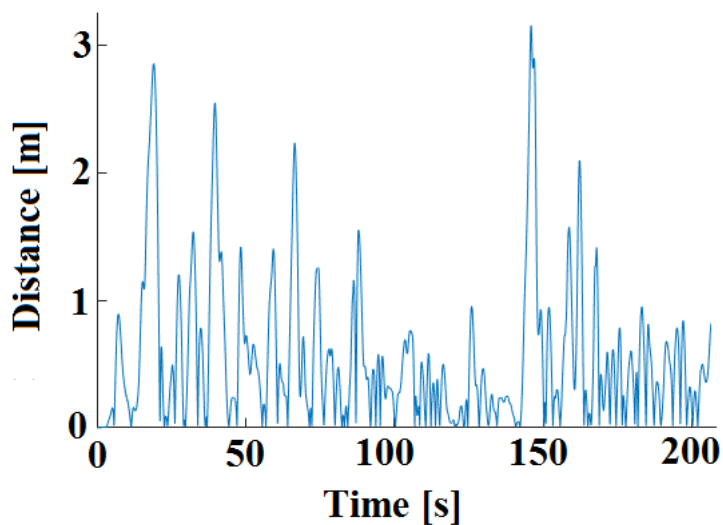
V prostředí MATLAB byla implementována aplikace s GUI pro záznam a synchronizaci dat. Tato aplikace také umožňuje nastavení jednotlivých scénářů a výběr a načasování vhodných instruktážních zvukových záznamů, které se používají k vedení řidiče-pacienta.



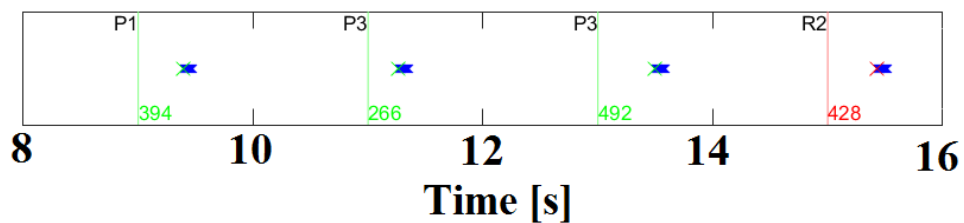
Obr. 2: Ukázka virtuálního prostředí se simulací dopravních situací.

III. Zpracování a interpretace dat.

Pro vyhodnocení fyzického a psychického stavu subjektu lze použít údaje z výše uvedených nástrojů. Používají se metody hodnocení dat v časové a frekvenční oblasti a metody nelineární analýzy. Na základě pilotních testování je zvolena sada určovaných parametrů pro určování psychického stavu a řidičských schopností řidiče-pacienta. Mezi metody hodnocení dat v časové oblasti předpokládáme využít určení: rozsah měřených hodnot, průměrné hodnoty, směrodatné odchylky. Pro nelineární analýzu předpokládáme využití rekurentní kvantifikační analýzu [1], největší Lyapunovův koeficient [2], Hurstův exponent [3] a Multiscale Poincaré plot analýzu [4] s funkcí rozptylu hustoty [5] s výpočtem parametrů SD1 a SD2 [6]. Výhodou je snadná implementace těchto algoritmů v prostředí MATLAB přímo do grafického uživatelského rozhraní.

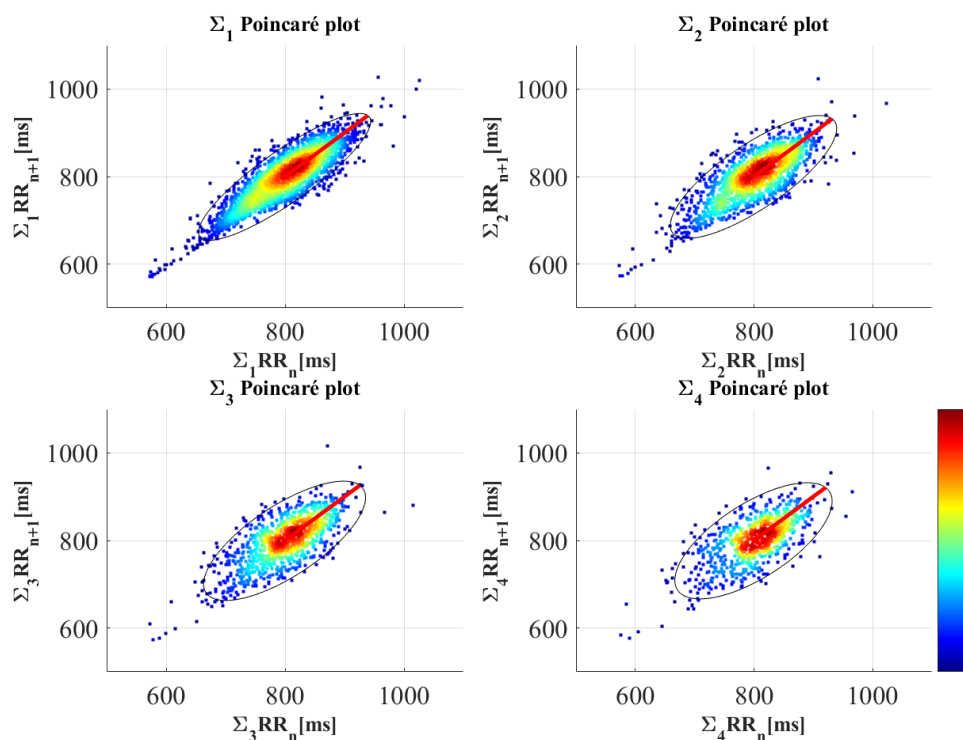


Obr. 3: Ukázka výstupu zpracování dat o poloze vozu ve virtuálním prostředí a určení vzdálenosti od ideální polohy vozu během jízdy definovanou trasou.



Obr. 4: Ukázka výstupu prezentace dat o reakcích řidiče během testu k určování reakčních časů na změnu dopravní situace.

T A Č R



Obr. 5: Příklad vyhodnocení dat o srdeční činnosti pomocí Multiscale Poincaréovy plotové analýzy a určení SD1 (21,12; 26,29; 29,14; 30,64 [ms]) a SD2 (80,97; 76,65; 73,13; 70,26 [ms]).

Výše uvedené návrhy jsou původní. Jedná se o návrh unikátního zařízení, které v takto komplexním a současně cenově dostupném návrhu nebylo do současnosti prezentováno.

T A

Č R

IV. Použitá literatura

- [1] Webber, C. L., & Marwan, N. (2015). Recurrence quantification analysis. Theory and Best Practices.
- [2] Wolf, A., Swift, J. B., Swinney, H. L., & Vastano, J. A. (1985). Determining Lyapunov exponents from a time series. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 16(3), 285-317.
- [3] Hurst, H. E., Black, R. P., & Simaika, Y. M. (1965). Long-term storage: an experimental study Constable. London UK.
- [4] Henriques, T. S., Mariani, S., Burykin, A., Rodrigues, F., Silva, T. F., & Goldberger, A. L. (2015). Multiscale Poincaré plots for visualizing the structure of heartbeat time series. *BMC medical informatics and decision making*, 16(1), 1-7.
- [5] Eilers, P. H., & Goeman, J. J. (2004). Enhancing scatterplots with smoothed densities. *Bioinformatics*, 20(5), 623-628.
- [6] Golińska, A. K. (2013). Poincaré plots in analysis of selected biomedical signals. *Studies in logic, grammar and rhetoric*, 35(1), 117-127.