

**ČVUT v Praze**

**SOFTWARE**

**SOFTWARE PRO KVANTITATIVNÍ HODNOCENÍ POHYBOVÉ  
AKTIVITY A ÚČINNOSTI LÉČBY NÁSTROJI TELEMEDICÍNY  
UMOŽŇUJÍCÍ DISTANČNÍ REHABILITACI PACIENTA**

**LTAIZ19008-V004**

**Autor:**

**Ing. et Ing. Jan Hejda, Ph.D.,  
Ing. Jaromír Doležal, Ph.D.  
Ing. Jindřich Adolf, Ph.D.  
doc. Ing. Patrik Kutílek, Ph.D.  
doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.  
Ing. Michaela Hourová**

**Program MŠMT ČR: INTER-EXCELLENCE ACTION IZRAEL LTAIZ19  
Číslo projektu: LTAIZ19008**

**Název projektu: Zkvalitnění robotické fyzioterapeutické léčby pomocí  
metod strojového učení**

**Identifikační číslo výsledku: LTAIZ19008-V004**

**Typ výsledku: R**

**Odpovědný pracovník: doc. Ing. Patrik Kutílek, M.Sc., Ph.D.**

**PRAHA, ČERVENEC 2020**

**Jazyk výsledku: CZE**

**Hlavní obor: JC - Počítačový hardware a software**

**Uplatněn: ANO**

**Název výsledku česky:**

**Software pro kvantitativní hodnocení pohybové aktivity a účinnosti léčby nástroji telemedicíny umožňující distanční rehabilitaci pacienta**

**Název výsledku anglicky:**

**Software for quantitative evaluation of physical activity and effectiveness of treatment with telemedicine tools enabling distance rehabilitation of the patient**

**Popis výstupu/výsledku z návrhu projektu LTAIZ19008 - VES19:**

Software (R) pro kvantitativní hodnocení pohybové aktivity a účinnosti léčby nástroji telemedicíny, současně umožní distanční rehabilitaci pacienta.

**Abstrakt k výsledku česky:**

Software umožňuje záznam a hodnocení pohybu ve více anatomických rovinách a ukládání kinematických dat pro další vyhodnocení zdravotního stavu pohybového aparátu měřeného subjektu. Software umožňuje realizovat korekci optického zkreslení a kalibraci kamerového systému, záznam videa a jeho zpracování, určení vybraných anatomických bodů, určení vybraných anatomických úhlů a výpočet základních parametrů pohybu pro analýzu pohybu těla. Software je určen pro diagnostiku a sledování procesu rehabilitace v domácím prostředí a zdravotnickém zařízení.

**Abstrakt k výsledku anglicky:**

The software enables recording and evaluation of movement in multiple anatomical planes and storage of kinematic data for further evaluation of the health condition of the musculoskeletal system of the measured subject. The software allows the correction of optical distortion and calibration of the camera system, video recording and processing, determination of selected anatomical points, determination of selected anatomical angles and calculation of basic movement parameters for the analysis of body movement. The software is designed for diagnostics and monitoring of the rehabilitation process in the home environment and medical facilities.

**Klíčová slova česky:**

video, kalibrace, pohyb, anatomické úhly, fyzioterapie, svalově-kosterní systém

**Klíčová slova anglicky:**

video, calibration, movement, anatomical angles, physiotherapy, musculoskeletal systém

**Vlastník výsledku:**

České vysoké učení technické v Praze (IČO 68407700)

**Lokalizace:** České vysoké učení technické v Praze

**Licence:** Ne

**Licenční poplatek:** Ne

**Ekonomické parametry:**

Trh obsahuje pouze drahé nebo nesespecializované, a tedy pro domácí použití nevhodné softwary pro uplatnění v distanční rehabilitaci. Současné softwary, které by byli dostupné menším klinikám a pacientům v domácím prostředí, neumožňují vzdálený záznam a přenos kinematických dat. Současné softwary pro menší kliniky a domácí využití neumožňují měřit pohyb ve více anatomických rovinách. Realizace se zaměřuje na software optimalizovaný pro distanční video záznam pohybu pacientů s onemocněním svalově-kosterního systému, které současně ve vhodném formátu umožní předávání informací o parametrech pohybu pacienta lékařskému personálu pro další analýzu. Obdobný software není na trhu dostupný. Ekonomické přínosy vyplývají z možnosti distanční diagnostiky a rehabilitace prostřednictvím vytvořeného software, což povede ke zkrácení rehabilitačního procesu a zvýšení soběstačnosti pacientů.

**Kategorie nákladů:** výše nákladů  $\leq$  5 mil. Kč.

## Popis software

### Synchronní záznam z více kamer Flir

Spustitelný soubor pro automatickou konfiguraci Flir kamer, při které je primární kamera (identifikovaná svým unikátním klíčem) zdrojem spouště uzávěrky s předem nastavenou snímkovací frekvencí a sekundární kamera (také identifikovaná unikátním číslem) je touto spouští řízena. Spustitelný soubor dále zajišťuje synchronní záznam videa z obou kamer.

Jako formát pro ukládání videí je určen MJPEG, který umožňuje plynulé paralelní ukládání záznamů z obou kamer na běžném PC. Empiricky ověřená snímkovací frekvence byla stanovena na 25 snímků za vteřinu.

### Komprimace videa a korekce optické vady kamer systému

Spustitelný soubor pro kompenzaci zkreslení vady optické soustavy (distorze) a rekomprese synchronizovaných videozáznamů. Kompenzace optické vady je realizována na základě předem určených parametrů snímání soustavy, které jsou určeny spustitelným souborem. Rekomprese převede videozáznam z formátu MJPEG na datově efektivnější DivX, který není možné vzhledem k jeho výpočetní náročnosti generovat v reálném čase.



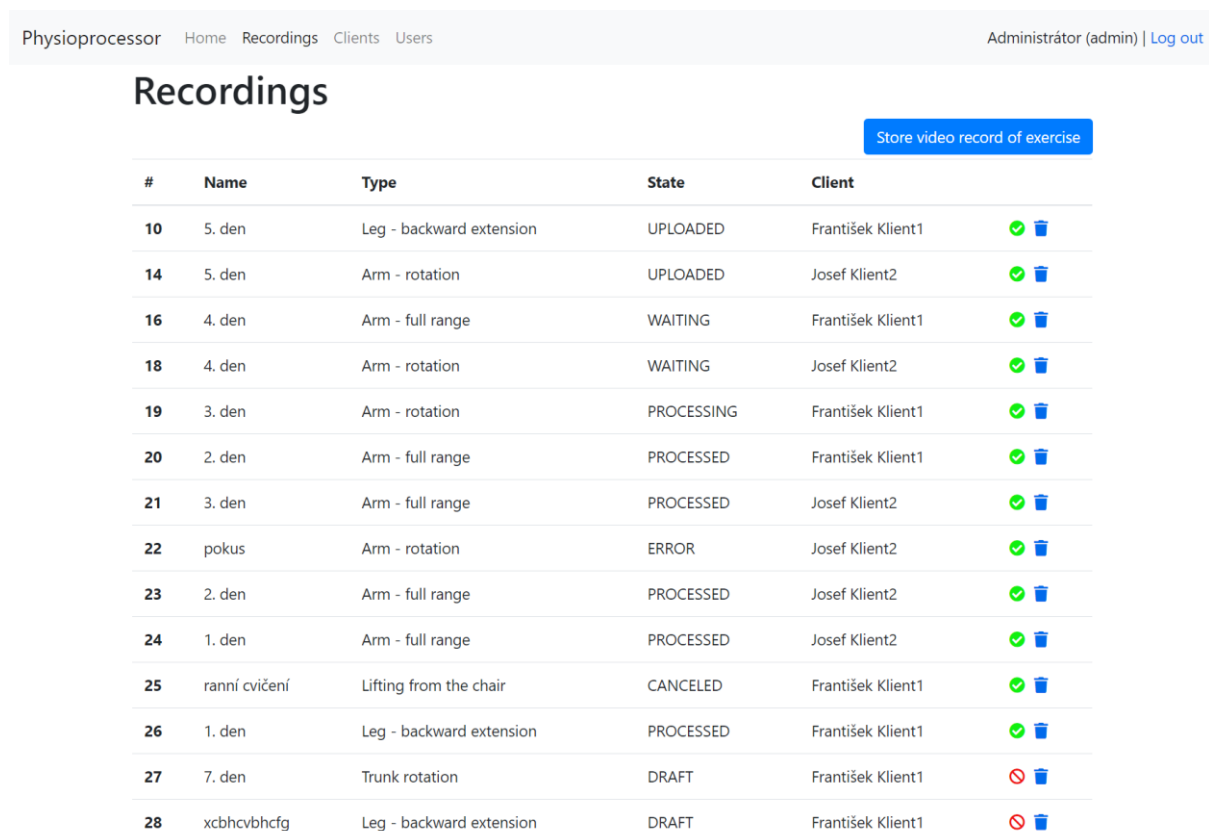
Obr. 1 Softwarová korekce optické vady snímání soustavy (vlevo před korekcí, vpravo po korekci)

## Nahrávání a správa záznamů dat

Webová aplikace pro nahrávání a správu záznamů dat je implementovaná v open source serveru Apache, databázi MariaDB, PHP a Nette frameworku. Aplikace umožňuje dávkové zpracování naměřených dat, typicky videa, vzhledem ke své výpočetní náročnosti není možná analýza v reálném čase. Úlohy jsou aplikací zpracovávány jako fronta. Aplikace umožňuje 3 uživatelské role:

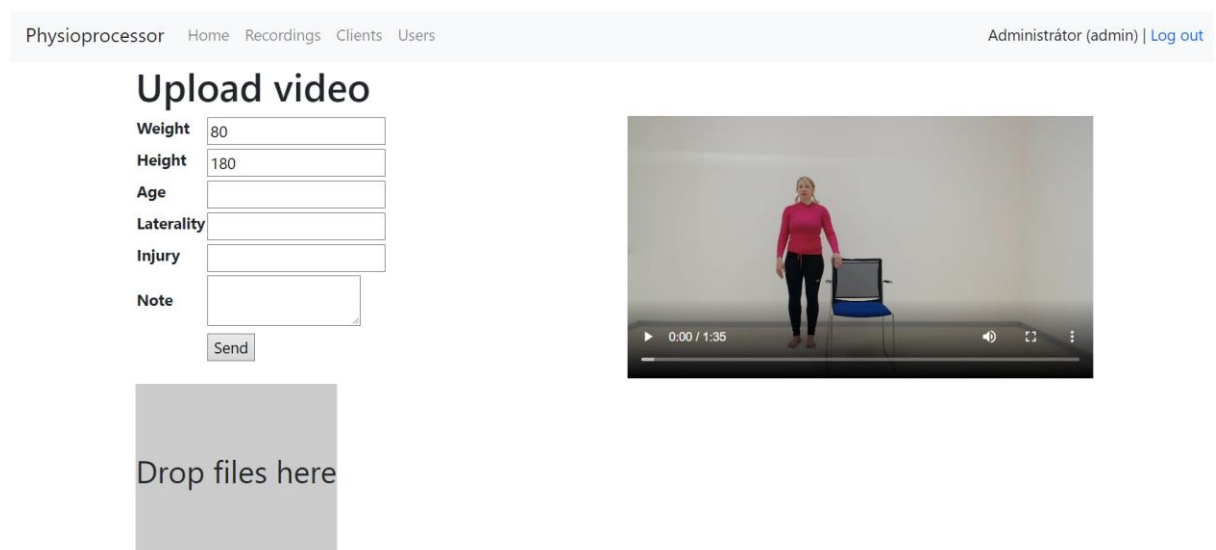
- Administrátor - umožňuje kompletní správu systému, včetně všech uživatelů a jejich jednotlivých úloh,
- Terapeut - spravuje své pacienty a jejich úlohy,
- Pacient - nahrává a prohlíží své úlohy.

Uživatel-pacient po přihlášení vidí seznam svých nahraných a zpracovaných úloh (Obr. 3) určených pro terapeuta. Uživatel má možnost vložit záznam další nové úlohy, kde mu aplikace nabízí instrukce, jak správně provádět cvičení, ve formě videa. Dále má uživatel možnost prohlížet výsledky zpracování.



#	Name	Type	State	Client	
10	5. den	Leg - backward extension	UPLOADED	František Klient1	✓ 🗑️
14	5. den	Arm - rotation	UPLOADED	Josef Klient2	✓ 🗑️
16	4. den	Arm - full range	WAITING	František Klient1	✓ 🗑️
18	4. den	Arm - rotation	WAITING	Josef Klient2	✓ 🗑️
19	3. den	Arm - rotation	PROCESSED	František Klient1	✓ 🗑️
20	2. den	Arm - full range	PROCESSED	František Klient1	✓ 🗑️
21	3. den	Arm - full range	PROCESSED	Josef Klient2	✓ 🗑️
22	pokus	Arm - rotation	ERROR	Josef Klient2	✓ 🗑️
23	2. den	Arm - full range	PROCESSED	Josef Klient2	✓ 🗑️
24	1. den	Arm - full range	PROCESSED	Josef Klient2	✓ 🗑️
25	ranní cvičení	Lifting from the chair	CANCELED	František Klient1	✓ 🗑️
26	1. den	Leg - backward extension	PROCESSED	František Klient1	✓ 🗑️
27	7. den	Trunk rotation	DRAFT	František Klient1	✗ 🗑️
28	xcbhcvbhcfg	Leg - backward extension	DRAFT	František Klient1	✗ 🗑️

Obr. 2 Uživatelské rozhraní se seznam aplikací nabízených úloh v rozhraní pro terapeuta



Obr. 3 Uživatelské rozhraní pro nahrání videa v rámci úlohy cvičení.

### Zpracování videozáznamů

Spustitelný soubor, který přečte obsah zadané složky s uloženými videi a automaticky hledá ještě nezpracované videozáznamy, které po nalezení zpracuje.

Spustitelný soubor postupně automaticky zpracovává každý videosnímek videozáznamu. Software využívá pro zpracování videa matematických modelů, které jsou natrénovány pomocí hlubokých neuronových sítí. Soubor v každém videosnímku videozáznamu vyhledá nejprve osoba a následně 25 anatomických bodů lidského těla. Například oči, ústa, uši, klouby horních a dolních končetin, atd. Pro detekci anatomických bodů využívá spustitelný soubor volně dostupného softwarového nástroje OpenPose. Detekované body se v každém videosnímku videozáznamu spojí barevnými úsečkami a tyto se vykreslí do původních videosnímků. Zpracované videosnímky videozáznamu jsou ukládány ve formátu JPEG. Ukládání je prováděno pro každý snímek videa. Pro detekované anatomické body jsou určovány hodnoty souřadnic v obraze. Hodnoty souřadnice všech videosnímků jsou ukládány do samostatného souboru dat. Pro každý určený anatomický bod ve snímku je určena hodnota konfidence s jakou byl bod detekovaný. Spustitelným souborem určovaná hodnota konfidence popisuje správnost odhadu polohy vybraného anatomického bodu na škále 0 až 1.

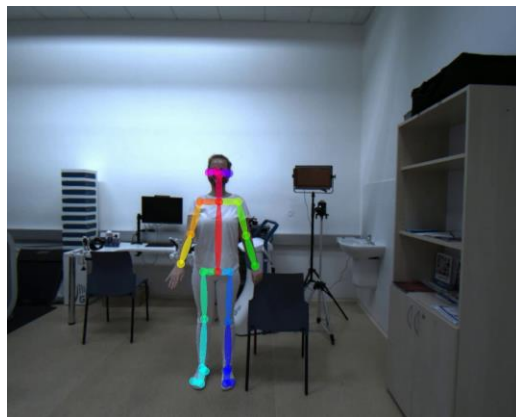
Všechny snímky se spojí do trojrozměrné matice s velikostí (IKB, EKB, DV), kde

IKB - počet klíčových bodů (ve vytvořeném software je 25)

EKB - samotné exportované hodnoty (souřadnice x, y a konfidence), tj. hodnota 3,

DV - délka zpracovaného videa (celkový počet snímků videa)

Spustitelným souborem určené matice je ukládána ve formátu .mat, pro následnou analýzu v prostředí MatLab a ve formátu .npy jako datová matice knihoven Numpy pro další zpracování na serveru s využitím prostředí Python.



Obr. 4 Spustitelným souborem zpracovaný videosnímek doplněný o segmentový model těla.

### **Interpretace uložených dat**

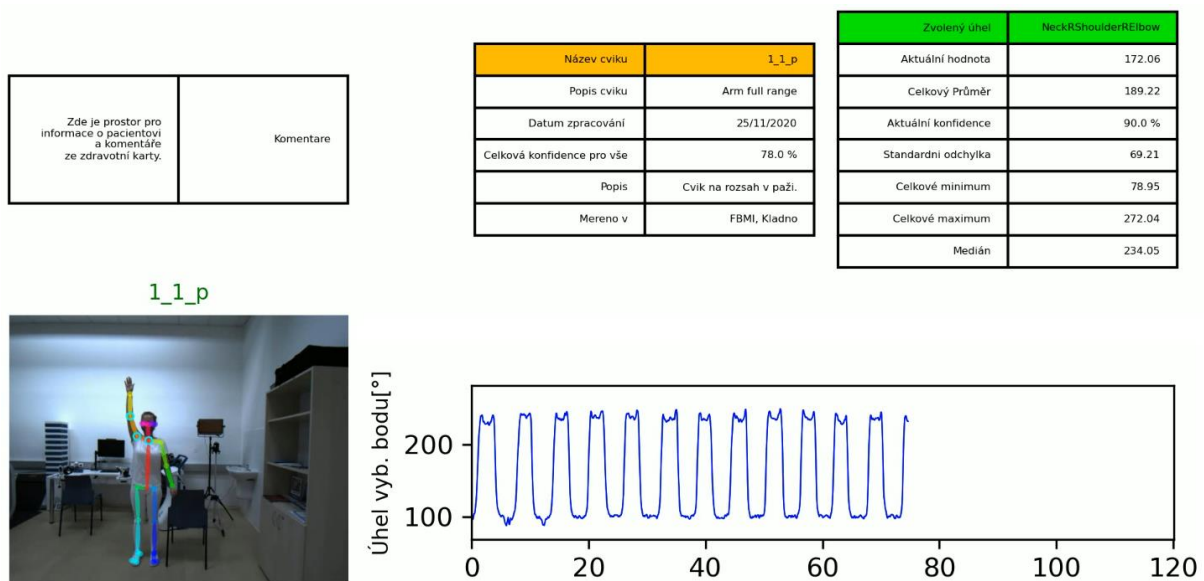
Spustitelný soubor umožňující interpretaci uložených dat o poloze anatomických bodů. Vstupem do aplikace je datová matice a složka s jednotlivými videosnímky původního videa, která je doplněna o segmentový model těla.

Spustitelný soubor se samostatně nakonfiguruje načtenými vstupními parametry pro zpracování konkrétního cviku pacienta a vytvoří nové video. Uživatelské rozhraní zobrazuje videosnímky videozáznamu doplněným o segmentový model těla. Na pravé straně uživatelského rozhraní jsou v tabulkách zobrazeny aplikací vypočtené hodnoty vybraných parametrů a zároveň jsou zobrazovány grafy. Grafy ukazují průběžně vývoj hodnot

parametrů. Výstupní video umožňuje hodnocení správnosti cviku fyzioterapeutem.

Mezi sledované parametry patří u vybraných úhlů:

- aktuální hodnota,
- střední hodnota a směrodatná odchylka za celé cvičení,
- medián, minimální a maximální hodnota za celé cvičení,
- rozsah hodnot za celé cvičení,
- minimální hodnota konfidence u bodů.



Obr. 5 Uživatelské rozhraní pro interpretaci výstupního videa s vypočtenými veličinami a parametry pohybu.

Po zpracování videozáznamů a kinematických dat jsou vypočtené parametry pohybu přístupné prostřednictvím PC vyšetřujícího lékařského personálu na serveru, a to včetně kompletních videozáznamů pohybů pacientů.

Software na počítače je učený pro využití v domácím prostředí pacientů umožňující diagnózu na základě záznamu pohybu v distanční rehabilitaci je realizovaný původní výsledek výzkumu a vývoje, projektu LTAIZ19008 - VES19, který byly uskutečněny členy projektového týmu. V rámci projektu jsou vytvářeny nové a účinnější algoritmy založené na nových technikách. Za vývojem software bezprostředně nenásleduje aplikace. Jedná se o návrh, vývoj a následnou realizaci unikátního software nesoucího novou unikátní a zároveň hospodářsky významnou vlastnost. Software přináší prvek novosti a



pokroku do oblasti počítačových programů, které znamenají zvýšení objemu znalostí ve zmíněné problematice. Software je charakteristický novostí a unikátností návrhu, která je doložitelná touto dokumentací výsledku.