

Posudek oponenta diplomové práce

Autor práce: **Jakub Frank**

Název práce: **Rozšíření aplikace pro rehabilitaci paže ve virtuální realitě**

Obsah práce

Práce se zabývá rozšířením stávající aplikace pro rehabilitaci paže ve virtuální realitě vytvořenou v rámci předchozích bakalářských prací (včetně předchozí práce diplomanta Jakuba Franka) o několik relativně drobných a dobře definovaných vylepšení týkajících se vizualizace virtuální paže, úpravy naměřené trajektorie pohybu a související, doplnění vizualizace kvality pohybu paže pacienta a začlenění podpory různých typů trackerů.

Kvalita řešení a dosažených výsledků

Navržená vylepšení často působí dojmem, že diplomant naimplementoval první, co ho napadlo, aniž by provedl hlubší analýzu problému a hlavně, aniž by poté provedl validaci výsledného řešení. Konkrétně v kapitole 5.3.1 diplomant zavádí úpravu objektivní funkce 5.1 přidáním vah ke každému parametru s tím, že pro nastavuje váhu pro pozici 100x větší než pro ostatní parametry. Proč zrovna 100x? Jaký je vliv jednotlivých vah na výslednou vizualizaci virtuální paže? Vzorce 5.5, který rozšiřuje vizualizaci o průhlednost v závislosti na kvalitě prováděného pohybu pacientem, nerozumím, neboť na obou stranách vzorce se vyskytuje průhlednost t . V kapitole 10 pak diplomant pouze konstatuje, že provedené úpravy odstranily nepřírozené působení virtuální paže, aniž by pro toto tvrzení předložil jakýkoliv důkaz. Jak tedy probíhala uživatelská testování? Očekával bych, že účastníci byli nahodile rozděleni do dvou skupin, první se rehabilitovala ve starší verzi, druhá pak v novější (s úpravami), a následně obě skupiny dostaly stejný dotazník, z jehož analýzy vyplynul tento závěr. Ale tato informace v textu práce chybí. Není tam dokonce uveden ani počet účastníků. Ano, rozumím tomu, že důkladné testování na pracovištích FN Královské Vinohrady a FN Thomayerova nemocnice vyžaduje delší čas (jak poznamenáno v Kapitole 11), ale zorganizování experimentu se zdravými jedinci (např. kamarádi, rodinní příslušníci) by poskytlo dostatečně relevantní výsledky.

V kapitole 6.1 diplomant popisuje několik metod interpolace, ale v kapitole 6.2 najednou jako zvolené řešení představuje využití kubického Catmull-Rom (CR), o kterém se v předchozí kapitole nezmiňuje, aniž by vysvětlil, proč zrovna CR. Proč ne např. Coons nebo Bézier? Navíc diplomant použil uniformní variantu CR, která je však vhodná pouze v případech, kdy interpolované hodnoty mají uniformní rozložení. Domnívám se, že vzhledem k různé rychlosti pohybu paže v průběhu cviku, tento předpoklad nebude splněn. V té chvíli by rozumnější byla chordální nebo dokonce centripetální varianta CR. Rovněž není vysvětleno, proč diplomant preferuje duplikaci krajních bodů namísto zrcadlení, které mi pro interpolaci trajektorií přijde přirozenější. Kapitola 10 přináší pouze jednu ukázkou výsledku interpolace (viz Obrázek 10.5). Opravdu lze vyvozovat závěry pouze na základě jedněch dat? Za závažnější nedostatek však považuji absenci diskuse porovnání tohoto výsledku s ground-truth daty (viz Obrázek 10.3). Opravdu jsou na Obrázcích 10.3 a 10.5 tatáž data? Ptám se, protože rozsahy hodnot na ose x jsou odlišné. Pokud tomu tak je, pak interpolovaná data bych nepovažoval za korektní.

Obdobně v kapitole 7.1 je stručně popsáno Laplaceovské vyhlazování a správně řečeno, že pro výpočet váhových koeficientů se nabízí několik metod. Představena je však pouze nejjednodušší z nich, která je rovněž implementována. Proč nebyly uvažovány metody, které berou v potaz vzdálenosti hran nebo úhel mezi dvojicí hran? Rovněž postrádám vysvětlení, jak se dospělo k prezentovaným hodnotám počtu iterací pro jednotlivé úrovně vyhlazení (viz Tabulka 7.1). Z Obrázku 10.2. se zdá, že mezi úrovní low a high je prakticky zanedbatelný rozdíl, avšak i v případě low je tvar křivky značně odlišný od původních naměřených dat. Domnívám se, že volba kotevních bodů (viz str. 55) nebo počtu iterací je v tomto případě suboptimální. Volba jiné metody pro výpočet váhových koeficientů by zřejmě také vedla k vizuálně lepším výsledkům. Tak či onak, diskuse dosažených výsledků v textu práce chybí.

Kapitola 8 navrhuje vizualizaci tzv. powerbary pro vyhodnocení kvality pohybu paže pacienta. Jistě se ale nejedná o jedinou možnost, jak k problému vizualizace kvality pohybu přistoupit. Jakákoliv analýza však v textu práce chybí. Ačkoliv nepochybuji o tom, že powerbary jsou užitečné, přesto postrádám experimentální ověření, zda skutečně tato vizualizace vede k dosažení požadovaného cíle (viz např. str. 57), a to, aby terapeut dokázal rychle a bez dlouhého hledání zjistit, na jaký tracker se zaměřit a mohl pacienta dostat do správné polohy.

Za nejzdařilejší lze považovat kapitolu 9, které zejména se zabývá začleněním podpory různých typů trackerů. K navrženému řešení nemám připomínek.

Po obsahové stránce mám k textu práce dále několik drobných připomínek:

- Na konci kapitoly 2.3 se nachází tvrzení, že „samotná virtuální realita bez zpětné vazby pacienta není účinnější než standardní terapie“, které by si zasloužilo uvedení reference na původní zdroj.*
- Obecně lze říct, že kapitola 3 zabíhá do zbytečných detailů, které nejsou příliš relevantní tématu práce. Např. na str. 31 je uvedeno, že první verze využívala pro nalezení nejlepší pozice KD-strom a že toto bylo nahrazeno za brute-force přístup. Jednak není vysvětleno proč, ale hlavně, k této změně došlo ještě před touto prací, takže tato informace je zcela irelevantní vzhledem k tématu diplomové práce.*
- Kapitola 3.3 je obtížně pochopitelná bez nastudování odkazované BP [7]. Postrádám informace o tom, co jsou vzorová data, co obsahují, jak byla naměřena a jak dochází k registraci (přizpůsobení) těchto dat anatomii pacienta. Obrázek by pochopení výkladu (str. 33) rozhodně usnadnil.*
- Není mi zcela jasné, co se myslí váhovým koeficientem trackeru na str. 57-58.*
- Není mi jasné, kdo je autorem návrhu řešení v kapitole 9.1.1. V textu je uvedeno, že „bylo navrženo vytvořit ...“, což vzbuzuje otázku, zda diplomant stál za návrhem tohoto řešení, či zda ho pouze implementoval.*

Vytvořené softwarové vybavení mi bylo diplomantem předvedeno. Shledal jsem ho zcela funkčním. Zdrojové kódy, vytvořené v rámci diplomové práce, jsou vhodným způsobem strukturovány a převážně i dobře komentovány. Množství odvedené programátorské práce však hodnotím jako poměrně nízké – největší rozšíření úpravy trajektorií implementované ve třídách InterpolationController a LaplacianSmoother mají celkem 389 řádek (včetně komentářů a prázdných řádek).

Formální úroveň

Text diplomové práce je psán v češtině s příležitostnými překlepy a je strukturován celkem do 11 kapitol. Strukturování působí nicméně nekonzistentním dojmem: zatímco v počátečních kapitolách je text strukturován do číslovaných podkapitol až na třetí úroveň (např. 2.2.1), v posledních kapitolách (viz např. kapitolu 6.1) je třetí úroveň nečíslovaná a objevuje se zde i úroveň čtvrtá. Po typografické stránce rovněž poněkud zvláště působí odsazování dalších řádků odstavců se zvýrazněným počátkem na první řádce (viz např. str. 36), ale uznávám, že to může být subjektivní záležitost. Za drobný nedostatek pak lze považovat použití písma malé velikosti v grafech na obrázcích 10.1–10.6.

Po úvodních kapitolách 1–2.1, které považuji za zdařilé, se začínají objevovat kapitoly, které na sebe logicky nenavazují. Kapitoly 2.2.2 a 2.2.3 se prolínají a není zřejmé, proč jsou informace vůbec oddělené a nejsou součástí společné kapitoly. V pozdějších kapitolách se pak tu a tam objevují nedostatečně vysvětlené pojmy (viz rovněž připomínky výše), např. na str. 31 diplomant uvádí, že „hodnota fáze určuje na základě vzdálenosti mezi jednotlivými body podle vzorce 3.1, nikoliv na základě aktuálního indexu v poli zaznamenaných bodů“, ale čtenáři není dosud známo, co je to zaznamenaný bod a odkazovaný vzorec 3.1 pochopení nepomůže, neboť se v něm s body vůbec nepracuje. Klíčová informace je pak čtenáři předložena až na str. 37-38. Naopak kladně hodnotím důsledné vysvětlování pojmů z oblasti medicíny a fyzioterapie z kapitoly 2, které pro běžného čtenáře z oblasti počítačových věd nemusí být jasné, v poznámkách pod čarou.

Práce s literaturou

Práci s literaturou lze stručně zhodnotit za přiměřenou a odpovídající typu práce. Poněkud zvláště však působí věty, že „informace v této sekci pochází ze zdrojů [citace]“ uvedené až na samém konci (viz např. str. 20).

Splnění zadání

Zadání práce považuji za splněné.

Dotazy k práci

Diplomant by se měl v průběhu obhajoby vyjádřit k výše uvedeným výhradám ke kvalitě řešení a dále k následujícím otázkám:

- *Která část diplomové práce si vyžádala největší úsilí? Jaká byla její celková časová náročnost (včetně zahrnutí návrhu, realizace, ověření, sepsání do textu DP)?*
- *Pokud jsem správně pochopil, původní software provedl vzorkování vzorové trajektorie pohybu paže (terapeuta), které se ukázalo být nedostatečné pro vyhodnocování korektnosti pohybu paže pacienta, protože algoritmus vyhodnocování pracuje výhradně pouze s těmito vzorky (body) a nikoliv s trajektorií jako takovou. Namísto toho, aby došlo k novému nahrání vzorových cviků, bylo přistoupeno k tomu, že se provádí interpolace původní trajektorie kubickou Catmull-Rom spline a dochází k převzorkování. Kolik vzorků (bodů) se nacházelo v původních datech. Kolik jich je po převzorkování? K jak velké chybě v důsledku interpolace dochází v porovnání s tím, kdyby se vzorové cviky nahrály znova (s vyšší snímkovací frekvencí)?*
- *Požadavkem zadání diplomové práce bylo Laplaceovské vyhlazování a interpolace naměřených trajektorií. V principu pak ale výsledkem pak není křivka interpolující původní data, ale křivka, která v některých bodech (např. v koncových bodech) garantuje průchod původními body, ale ve zbytku svého úseku původní body pouze aproximuje. Nebylo by možné (a dokonce i vhodnější) namísto dvou krokového postupu (vyhlazení + interpolace) nasadit pouze jednokrokový postup aproximace s omezujícími podmínkami?*

Závěrečné shrnutí

*Přes výše uvedené kritické připomínky ke kvalitě řešení a výsledků práce se domnívám, že diplomant ve své práci prokázal schopnost realizovat inženýrské řešení, a proto **práci doporučuji k obhajobě**. S ohledem na kvalitu řešení ji však navrhuji hodnotit známkou **dobře**.*

V Plzni dne 1. 6. 2022

Doc. Ing. Josef Kohout, PhD.
KIV-FAV-ZČU