

## Oponentní posudek disertační práce

**Název práce:** Hand analysis in gesture-based interfaces: design of an accurate real-time algorithm

Autor: MSc. Pavel Jetenský

Školitel: prof. Ing. Simeon Karamazov, Ph.D.

Oponent: prof. RNDr. PhDr. Antonín Slabý, CSc., Fakulta informatiky a managementu, Univerzita Hradec Králové

### Struktura a obsah práce

Práce představuje původní, moderní, netriviální a dostatečně přesný text věnovaný zejména původním autorovým výsledkům a detailně vypracovaným částečně odzkoušeným a funkčním algoritmům ze speciální oblasti patřící do HCI. Konkrétně jde zejména o algoritmus detekce ruky pro přesný výpočet souřadnic špiček prstů a dalších parametrů ruky na základě zpracování snímků z hloubkové kamery. Popsané náročné postupy a původní výsledky a algoritmy jsou podstatným příspěvkem do důležité, velmi obtížné a intenzivně zkoumané a velmi významné a užitečné problematiky. Práce dává poučení o širších souvislostech a způsobu řešení zmíněného problému. Práce má 103 stran včetně příloh. Základní text práce je členěn na 8 kapitol.

Kapitola 1 představuje krátký úvod do problematiky a jejích historických souvislostí. Kapitola 2 seznamuje s uživatelskými rozhraními využívajícími lidské ruky a kapitola 3 dosavadním přístupům a výsledkům řešení tohoto problému a stavu poznání v oblasti. Kapitola 4 formuluje cíl a dílčí cíle práce. Zbytek práce pak představuje autorův vlastní přínos. Kap 5 je věnována návrhu prototypu vlastního uživatelského rozhraní k testování (TouchTable), kap 6 návrhu vlastního dostatečně přesného a rychlého algoritmu na testování polohy konečků prstů. Tato důležitá a náročná kapitola dostatečně podrobně a přesně popisuje autorův příspěvek a realizaci cíle práce kterým je detailní a funkční zpracování algoritmického a softwarového řešení problému i úspěšné výsledky relativně rozsáhlého testování. Následující kapitoly 7,8 uvádějí širší souvislosti, a možnosti dalších výzkumů.

### Aktuálnost práce

Tématika práce patří do oblasti HCI. Jde o oblast velmi aktuální, intenzivně zkoumanou a rozvíjenou a současně o oblast s velkým aplikačním potenciálem

### Použité vědecké metody v disertační práci

HCI je multidisciplinární náročnou oblastí využívající výsledků, metod a postupů počítačové grafiky, geometrie a matematiky. Jde o disciplíny formalizované, široké i hluboké, velmi přesné a náročné na zvládnutí a jakýkoliv původní příspěvek rozšiřující tematiku. Metody a postupy těchto disciplin byly autorem využity při realizaci cílů práce. V práci je dále velmi rozsáhle použito postupů informatických patřících např. do oblastí algoritmizace, metod softwarového inženýrství při tvorbě vlastního algoritmického příspěvku a návrhu algoritmů. Jsou použity i statistické metody, postupy a výstupy při testování algoritmů na funkčnost a rychlost a přesnost. Dále byly použity obecné vědecké metody indukce, dedukce, analýzy a syntézy. V práci jsou analyzovány a využity rozsáhlé literární zdroje i závěry vlastních výzkumů autorových.

## **Cíl práce**

Cílem práce je najít popsat implementovat v reálném čase pracující algoritmus analyzující lidskou ruku a který je dostatečně/vysoce přesný ve srovnání s konkurenčními řešeními a má další požadované vlastnosti: Získat i další doplňující užitečné informace a dosahovat požadované kvality a funkcí, kterými jsou zejména vysoká přesnost detekce, správná funkce algoritmu při rozevřené i sevřené dlani, poskytnutí dalších informací – rysů o ruce např. střed dlaně, vektory zápěstí a prstů, poskytnutí informace o kloubech prstů, výpočet 3D souřadnic. Práci v reálném čase je míněno zpracování více, než 30 měření/výpočtů za sekundu. Dalšími cíli pak byly výzkum vlivu polohy snímacího senzoru či vliv dalších modalit.

## **Splnění cílů práce**

Cíle práce, které si autor stanovil, svou prací splnil. Ukázal že je dobrým znalcem rozsáhlé náročné, užitečné a masivně zkoumané problematiky, kterou dokáže i efektivně a podstatně rozvíjet. Příspěvek rozvíjí oblasti efektivního získání dat, tvorby náročných původních algoritmických postupů i jejich softwarové realizace, testování a aplikačního rozvíjení výsledků.

## **Výsledky práce a poznatky a přínosy práce**

Práce přináší výsledky v oblasti teoretické, metodologické i praktické.

Nejcennějším a dosti zralým a pěkným výsledkem je autorem navržený, odladěný a přiměřeně otestovaný a k dalšímu výzkumu, vývoji, testování a využití vhodný Circular scan algorithm schopný detekovat konce prstů při natažené i sevřené dlani v reálném čase analýzou obrazu pořízeného hloubkovým senzorem. Součástí řešení je i realizace uživatelského rozhraní (user interface pro touch table).

Za teoreticko metodologický přínos práce lze považovat uvedení původních postupů a úprav algoritmů a realizace autorových původních náročných postupů včetně postupů spojených s přípravou dat. Za důležitý praktický přínos práce pak lze považovat praktické způsoby použití těchto postupů a nalezení jejich požadavků a limitů, které jsou dobře popsány a demonstrovány na ukázkách. Práce tak má i potenciál možného rozsáhlého praktického využití v různých aplikacích. Praktickým přínosem jsou i v práci popsané problémy, které musel autor vyřešit či odstranit (část 8.1. Lessons learned a pod). Práce obsahuje i drobné další příspěvky ke spřízněným teoretickým konceptům např. netradičním UI paradigmatům.

## **Formální stránka práce, přesnost práce, jazyk práce**

Disertační práce je napsána v anglickém jazyce. Tím se autor vyhnul problému překladů pojmového aparátu do češtiny. Práce je napsána slušnou angličtinou. Formální stránka práce i přesnost vyjadřování, jsou na dobré úrovni a podporují čtivost a srozumitelnost práce. Ukazují na hloubku autorova proniknutí do problematiky a dávají dobrou představu o rozsahu autorovy práce i o druhu i kvalitě výsledků. Z textu je patrna dobrá a zažitá znalost problematiky. Práce má jasnou strukturu, proto je možno se v ní dobře orientovat. Úprava vzorců je rovněž na dobré úrovni. Kvalita a čitelnost některých diagramů, obrázků ale mohly/měly být vyšší při použití jiných formátů uložení.

### **Publikační a výzkumná činnost autora ve vztahu k práci:**

Publikační činnost autora zahrnuje 9 publikací s tematikou blízkou zaměření a obsahu práce, v nichž je prvním autorem. Publikace jsou ve zdrojích dostatečně kvalitních/adekvátních vzhledem k oboru doktorského studia. Publikační činnost ukazuje jednoznačně na dlouhodobý autorův zájem o oblast, které je disertační práce věnována.

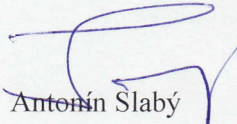
### **Otázky do diskuse obhajobě**

Diskuse při obhajobě by se mohla zaměřit třeba k hlavnímu výsledku: Podstata algoritmu Circular scan algorithms. Jaké hlavní problémy musel autor odstranit? Jsou i jiné potenciálně použitelné přístupy k detekci konců prstů které nebyly zohledněny v autorově přístupu?

### **Závěr:**

Práce splňuje nároky na disertační práce kladené. Dále je třeba konstatovat, že MSc. Pavel Jetenský je již dostatečně vyvráslou osobností s rozsáhlými a dobře zažitými znalostmi teoretickými i praktickými i adekvátně rozsáhlými publikačními výsledky se zaměřením blízkým tématu práce. Zkoumání tematika patří též do oboru doktorského studia. Proto doporučuji, MSc. Pavlu Jetenskému byl po úspěšné obhajobě udělen titul Ph.D.

Hradec Králové 10.5.2015

  
Antonín Slabý

**Review of Dissertation Thesis**  
**Submitted by Pavel Jetenský to University of Pardubice,**  
**Spring 2016**

In his dissertation thesis, Pavel Jetenský focused on hand gesture input on and above horizontally placed flat 2D surface.

The importance of this topic is adequately explained in chapters 1 and 2.

Related work is outlined in Chapter 3, which opens with the current mainstream products for gesture recognition, followed by a brief, yet comprehensive overview of the related methods of gesture recognition. Chapter 4 outlines the research goals which I found realistic and relevant to the topic.

Chapter 5 focuses on the design and implementation of TouchTable, a prototype of a gesture-based interface based on a combination of depth sensor and a projection screen.

Chapter 6 contains the main contribution of the thesis. It defines and compares several techniques for localization of the user's fingertips.

Chapter 7 outlines an interesting application of the super-surface extension of the presented paradigm. Sadly, only initial stages of this research are described and the user acceptance study has not been reported.

Appendix A describes the dataset of images acquired during the author's experiments. The dataset contains human-crafted annotations and can be used as a test case for new algorithms for finger localization.

The text was focusing on image processing aspects of the problem. I believe that the choice of methods the author used was adequate to it. However, I believe that increasing the number of user studies performed in relation to this work would improve its overall quality.

There is a minor glitch in formatting in the Section 6.2.0.4.

Pavel Jetenský reports 8 published papers out of which 3 papers were presented outside the former Czechoslovakia. I find this amount of publications sufficient. The stylistic quality of the dissertation was adequate.

Despite my points of criticism I believe this thesis presents new scientific knowledge and that the thesis fulfilled the research goals mentioned in Chapter 4. His work has peer-reviewed by the international academic community. **I recommend this thesis for defense.**

Ing. Adam Sporka, Ph.D.  
Czech Technical University in Prague  
Department of Computer Graphics and Interaction  
Karlovo nám. 13  
121 35 Praha 2

[sporkaa@fel.cvut.cz](mailto:sporkaa@fel.cvut.cz)  
twitter: @adam\_sporka  
Telephone: (+420) 603-287-605

Prague 12 May 2016

