

# Posudek bakalářské práce

Autor: Ivan Platonov

Název: Interaktivní vizualizace černých děr

Obor: Web a multimédia

Oponent: Michal Bursa (Astronomický ústav AV ČR)

Předložená bakalářská práce se zabývá konceptem interaktivní vizualizace černé díry, resp. zářící hmoty nacházející se v bezprostřední blízkosti černé díry. Dle zadání mělo být cílem vytvořit jednoduše ovladatelný software reagující na podněty uživatele, na základě nichž by v reálném čase vykresloval realistický pohled na černou díru obestřenou zářícím plynným akrečním diskem.

Práce je rozdělena na několik částí v nichž jsou postupně popsány základní východiska pro vizualizaci černé díry včetně odlišností geometrické optiky daných zvláštní topologií zakřiveného prostoročasu, princip výpočtu trajektorií fotonů pomocí knihovny SIM5, možnosti a výběr zařízení pro registraci pohybových gest, struktura vyvinuté aplikace, princip softwarové implementace gest, raytracingu a konečného vykreslení scény, testy aplikace a výsledky výkonnostních testů. Přiloženo je paměťové médium s programem a dokumentací.

Hned v úvodu hodnocení je třeba poznamenat, že ačkoli těžištěm práce je na první pohled "obyčejně" působící téma vizualizace dané scény a změna její projekce v interakci s uživatelem, byl před autora práce hned v úvodu postaven nesnadný úkol pochopit odlišnosti mezi běžnou optikou, kde se paprsky šíří po přímých drahách a kde lze využít globální souřadné soustavy, a riemannovskou optikou zakřivených prostoročasu, kde je šíření paprsků popsáno diferenciální rovnicí druhého stupně a kde nelze použít globálních souřadnic k popisu geometrie scény a její projekce. Oceňuji proto, že se autor těchto komplikací nezalekl, seznámil se v potřebné hloubce s principy obecné teorie relativity a neeuclidovské geometrie, které i pěkně (jen tu a tam s drobnými nepřesnostmi) popsal v úvodu práce, a to včetně vlastních názorných ilustrací.

Při volbě způsobu ovládání projekce byl zadáním práce požadován bezkontaktní způsob interakce uživatele s aplikací. Autor v práci zvažuje dvě volby, Microsoft Kinect a Leap Motion, přičemž konečná volba padla na druhý z pohybových detektorů. Z mého pohledu je tato volba správná, dobře vyargumentovaná s splňuje beze zbytku požadavky na otevřenost API, snadnou instalaci a přenositelnost (jak platformní, tak fyzickou). Ze sady gest podporovaných detektorem Leap Motion jsou vybrány tři gesta, kterými uživatel provádí ovládání projekce a umístování virtuálního pozorovatele, plus jedno doplňkové k zapnutí/vypnutí dynamiky scény. Kromě gest aplikace podporuje ovládání i pomocí

klávesnice, což je výhodné, zejména resetování nastavení scény je poměrně užitečná funkce v okamžiku, kdy se gesty projekce změní tak, že se černá díra a disk okolo ní dostanou mimo scénu. Způsob výběru gest je v práci popsán a byl založen jednak na vlastnostech API ovladače a jednak na poznatcích získaných od několika "testérů" a řad studentů. Lze pouze namítnout, že by bylo praktičtější, kdyby se všechna gesta prováděla jednou rukou, tj. místo dvourukého grab-to-scale gesta by bylo vhodnější použít pinch-to-scale gesta podobně jako na dotykových displejích. Dále je tu drobná nekorespondence mezi klávesovými zkratkami popsány v Tabulce 4.1 a skutečnou implementací (klávesy E, D, F, R, X).

Po implementační stránce byla nepochybně zvolena optimální metoda kombinace CPU a GPU. Výkonnostní testy uvedené v závěru práce jednoznačně ukázaly, že bez grafického akcelérátoru se aplikace při potřebné snímkovací frekvenci neobejde. Ukázalo se ovšem také, že pro FullHD rozlišení bez interpolace se vizualizace neobejde bez nákladnějšího hardware vybavení, jakým je především grafická karta.

Závěrem lze konstatovat, že práce vyhovuje požadavkům kladeným na bakalářskou práci a bez pochyby splnila zadání a účel. Autorovi se svědomitým přístupem k úkolu i vhodně zvoleným postupem podařilo v čase, který tomu mohl věnovat, vytvořit interaktivní aplikaci realisticky znázorňující působení silně zakřiveného prostoročasu na dráhy světelných paprsků a další efekty nastávající v silném gravitačním poli. Přínosem aplikace je především její výukový a popularizační potenciál, který lze využít nejen při objasnění podstaty gravitačně zhroucených objektů, ale i při vysvětlení rozdílů v chování přírody za přítomnosti silného gravitačního pole.

Formální náležitosti práce jako jsou čitelnost a úprava textu, číslování stránek a kapitol, popisky ilustrací a tabulek, začlenění obsahu a seznamu ilustrací a tabulek, výběr citačních zdrojů, rozsah práce i její jazyková úroveň jsou také splněny. Drobnou chybou je umístování citačních odkazů za koncové interpunkční znaménko ve větě, např. "... tracking of player movements. [10] Kinect comes with ...", kde potom není zřejmé, ke které větě se odkaz vztahuje. V textu práce je několik drobných technických nedostatků v sazbě, překlepů nebo nepřesných odkazů na uvedené tabulky, jejich množství však odpovídá rozsahu práce a není příliš důležité je vypočítávat.

**Předloženou bakalářskou práci hodnotím známkou: A - výborně**

V Praze dne 6. 6. 2016

Michal Bursa  
Astronomický ústav AV ČR