

Posudek oponenta disertační práce Mgr. Jiřího Ungera
“ Možnosti využití 3D rekonstrukčních vizualizací pro archeologii ”
předkládané v roce 2019 na Ústavu pro archeologii Filozofické fakulty Univerzity Karlovy

I. Stručná charakteristika práce

Disertační práce Jiřího Ungera si klade za cíl diskutovat a řešit otázky teoretické přípravy, organizace a analýzy vstupních dat pro tvorbu moderních 3D počítačových rekonstrukcí. Práce se z velké části zabývá historiografií (nejen 3D) vizualizace v archeologii a problematikou kvantifikace a následné vizualizace nejistoty dat. Klíčovou roli v práci zahrnují čtyři case-studies zaměřené na demonstraci 3D rekonstrukcí archeologických nemovitých památek, jež byly vypracovány na základě rozdílných vstupních dat. V další části práce se autor zabývá využitím virtuální a rozšířené reality pro prezentaci počítačových vizualizací, které jsou rovněž demonstrovány na řadě případových studií, výstav a projektů, na nichž se autor podílel či podílí. Závěrečná kapitola je pak věnována diskuzi týkající se problematiky počítačové vizualizace a virtuální archeologie.

II. Stručné celkové zhodnocení práce

Téma disertační práce je originální, celková úroveň disertační práce je zdařilá. Řada výsledků a rekonstrukcí zmíněných v disertační práci již byly s úspěchem prezentovány širší veřejnosti formou výstav, virtuálních prohlídek či aplikací a vědecké komunitě formou několika článků. V obecné rovině lze vyzvednout snahu autora poukazovat nejen na subjektivnost a pluralitu archeologických interpretací, a na to, že moderní počítačové technologie nám umožňují získat líbivé 3D modely a scény „které lze na obrazovce otáčet“, ale také názorně demonstrovat, že pomocí 3D rekonstrukcí lze v archeologii získat celou řadu nových dat a poznatků, na jejichž základě je možné revidovat či zpřesnit stávající archeologické modely. Srovnáním vizuální kvality samotných 3D rekonstrukcí, jež byly vytvořeny autorem, v širším geografickém měřítku si troufám říci, že jejich kvalita může lehce konkurovat produkcím evropské špičky reprezentované často profesionálními a specializovanými grafickými studiemi. Na kvalitě disertační práce neubírá ani řada kritických připomínek a návrhů, které by autor mohl vzít v potaz při další práci s tematikou (viz níže).

III. Podrobné zhodnocení práce a jejích jednotlivých aspektů

Pro jednoduchost a srozumitelnost je práce zhodnocena kapitola po kapitole:

0. Přestože disertace obsahuje abstrakt, úplně jí chybí první a klíčová - úvodní - kapitola, v níž by se čtenář seznámil s motivací, smyslem, cíli, logikou a strukturou předkládané práce. Čtenáři je tak bohužel, a hlavně při prvním čtení textu, ve velké míře ztíženo porozumění disertace jakožto logického a koherentního celku.

1. Úvodní kapitola se zabývá vizualizací jakožto komunikačním prostředkem. Z historiografického hlediska zde autor diskutuje význam vizualizace pro formování archeologie (a to od středověku až po 19. století) a prezentuje stručnou historii 3D vizualizací v archeologii, jež započala ve větší míře v 90. letech 20. století. V kapitole zde vyzdvihnout autorův střízlivý a pokud možno vyrovnaný pohled na přínos 3D rekonstrukcí v archeologii. Tato kapitola je přehledná, dobře strukturovaná a graficky dokumentovaná. Text je srozumitelný a založen skoro exkluzivně na cizojazyčné literatuře. Text kapitoly by mohl být dobrým základem pro historiografický článek. Před možným publikováním by jej bylo určitě vhodné doplnit o diskuzi roli ilustrace v průběhu 20. století, a - v případě české archeologie - rovněž poukázat na „pionýrské“ 3D rekonstrukce použité od 90. let pro vizualizaci multidimenzionálních dat, artefaktů (převážně 3D skeny - ne modely - keramiky), rekonstrukce brány na Závisti, prostorové distribuce artefaktů, či krajinných relikvů (např. Macháček 1997, Waldhauser 2001, ad.).

2. Druhá kapitola se věnuje specifickým počítačovým rekonstrukčním vizualizacím v archeologii. Autor se zde ve velké míře věnuje konceptu nejistoty a zobrazování nejistoty v datech. V kapitole jsou - možná až moc detailně - vypsány názory celé řady autorů, týkající původu, typologizace, psychologie, smyslu či zobrazení nejistot a transparentnosti dat. Lze zde položit otázku, zda je tento detailní výčet smysluplný - a to hlavně z tohoto důvodu, že jej autor následně nekomentuje, neanalyzuje, ani nesyntetizuje. Rovněž dílčí podkapitola s názvem „Metody zobrazování nejistot...“, která by měla logicky obsahovat popisy „metod“,

obsahuje řadu pasáží/odstavců, které metody nepopisují a svým obsahem spadají spíše do historiografické sekce či do sekce „state of art“. Absencí úvodu není rovněž zcela zřejmé, zda by se tyto metody měly týkat jen disertační práce či práce s 3D rekonstrukcemi v archeologii obecně. Snadnějším porozumění kapitoly by rovněž pomohlo jednoduché syntetické grafické schéma, jež by kombinovalo veškeré grafické prvky zmíněné v kapitole (např. nejistoty pomocí barev, symbolů, průhledností, indexy spolehlivosti či důležitostí atd.). Kapitola rovněž obsahuje několik menších (ne však zásadních) nepřesností týkajících se technických aspektů počítačové grafiky: *mesh* není (jen) drátěný rám, *wireframe* je spíše metodou zobrazení polygonálního modelu, kdy se zobrazují hrany, tj. *edges*, modelu; textura se přes *mesh* nenatahuje, jelikož textura je/může být integrální součástí *meshe*; textury sice mohou obsahovat normálové, difuzní, reflexní či jiné mapy, vhodnější je ovšem místo slova textury použít více generické označení materiály (textura je v zásadě bit/pix-mapou a tím pádem jen jednou z komponent materiálu stejně jako například reflexní či barevná mapa). V tomto směru lze autorovi položit následující otázku: Nelze převážnou část vyznačení nejistot v datech v praxi vizualizovat jednoduše změnami vlastností materiálů 3D modelů - v praxi programováním a aplikací „shaderů“ (*shaders*)?

3. Třetí kapitola disertační práce se věnuje trojrozměrnému modelování v archeologii, které jsou demonstrovány na čtyřech případových studiích, z nichž každá je založena na vstupních datech s rozdílnou výpovědní hodnotou: (i) rekonstrukce města Slaný založená na základě ikonografických a historických pramenů; (ii) rekonstrukce hradiště v Libici nad Cidlinou založená na podkladě dat získaných nedestruktivními metodami; (iii) rekonstrukce pozdně halštatské akropole a *oppida* Závist u Zbraslavi založená čistě na archeologické dokumentaci; a (iv) rekonstrukce důlního areálu v Dippoldiswalde založená na podkladech získaných laserovým skenováním. Je velkou škodou, že vypracované modely nebyly přiloženy k disertaci v digitální podobě, aby si čtenář mohl vytvořit lepší obrázek o obrovské časové náročnosti, kterou musel autor věnovat jejich vytvoření. Na tomto místě je nutné vyzvednout autorovu snahu o získání čím jak nejdetailnější sadu vstupních informací a podkladů k jednotlivým rekonstrukcím (jež navíc pocházejí z rozdílných regionů a chronologických období), stejně jako autorův umělecký, technický a designerský um, jež aplikoval ke tvorbě několika desítek profesionálních 3D modelů a scén. Až na několik detailů je kapitola dobře organizovaná, procesy tvorby rekonstrukcí a jednotlivé volby použité v rekonstrukcích jsou dobře osvětleny a argumentovány v rámci archeologického a historického diskurzu. Originální je zde přímá demonstrace kvantifikace a vizualizace úrovně nejistoty rekonstruovaných dat, tedy aspektů, jež byly diskutovány v předešlejší kapitole. Část metodologické podkapitoly 3.2.4 (Nejistota dat rekonstrukce), popisující samotný deskripční systém použitý pro kvantifikaci nejistoty dat by bylo jistě vhodnější zasadit buďto jako samostatnou podkapitolu v rámci třetí kapitoly (z důvodu toho, že je tento deskripční systém využíván i v dalších podkapitolách 3.3.4, 3.4.4 a 3.5.4), anebo do předchozí kapitoly 2, jež se nejistotě dat z velké části věnuje. Pro archeologické poznání a interpretační potenciál 3D rekonstrukcí je velice přínosná analýza dat z počítačového modelu týkající se estimace objemu kamene a dřeva použitého pro stavbu fortifikace hradiska v Libici, stejně jako následná propozice modelu stavu odlesnění této lokality, jež je konfrontovaná s palynologickými daty. Autor dochází k závěru, že kvantita dřeva k budování fortifikace by měla být 2x větší, než se tradičně uvádí v literatuře. Tento, po metodologické a interpretační stránce, zajímavý fakt bohužel není dále diskutován. Podobně jsou popsány - ale bohužel znovu nediskutovány - výsledky týkající se hustoty zástavby a počtu jedinců žijících na lokalitě. Autor by dle mého soudu měl tyto zajímavé výsledky práce dále rozvést a diskutovat v kontextu stavu poznání lokality. V souvislosti s problematikou umístěním staveb na hradisku je možné položit následující otázku: Bylo stavby na hradisku možno osadit i na základě výsledků geofyzikálního měření, tedy hlavně na základě obr. 74, anebo geofyzika v tomto směru nepodala vhodné informace? V kontextu 3D rekonstrukce *oppida* Závist na str. 131 autor zmiňuje, „...že [mu k rekonstrukcím byly] inspirací již zhotovené 3D počítačové rekonstrukční modely odjinud“. Čtenář o těchto modelech bohužel postrádá jakékoliv bližší informace. Jednalo se v případě *oppida* Závist jen o lokalitu Acy Romance citovanou v textu, anebo i o další 3D rekonstrukce publikované na internetu či v papírové podobě (např. Manching, Coarent, Heidengraben, Basel-Gasfabric, Münsterhügel, ...)? Pakliže se jednalo i o další modely, či o další ideje a inspirace (např. vkládání modelů do map, kombinace 3D skenování a 3D modelování, atd.), bylo by jistě vhodné alespoň některé z nich v textu zmínit a doplnit odpovídajícím citačním aparátem. Tento nedostatek se týká všech čtyř případových studií a bohužel i dalších kapitol.

4. Čtvrtá kapitola, založena z části na třech publikovaných článkách autora, se zabývá využitím virtuální a rozšířené reality pro prezentaci počítačových vizualizací. Po kratší historii vývoje a deskripci obou technologií autor prezentuje několik projektů, v nichž byly tyto metody aplikovány a na nichž se autor podílel: (i) virtuální muzeum v Bylanech sestávající z 3D rekonstrukcí neolitických domů, katalogu téměř tisíce 3D skenů artefaktů sdílených na *Sketchfab*, virtuální galerie založené na herním enginu od *Epic Games*

a mobilní aplikaci rozšířené reality využívající markerů; (ii) virtuální průvodce po městském opevnění města Slaný; a (iii) celou řadu originálních virtuálních a interaktivních expozičních prezentovaných v expozičních několika regionálních a nadregionálních muzeích. Prezentované projekty jsou vizuálně a obsahově velice zajímavé a oponent sám byl, spolu se svými kolegy, velice mile překvapen perfektní kvalitou 3D rekonstrukcí a VR s níž se minulý rok setkal na výstavě Keltové v Národním muzeu. Stejně jako u předchozí kapitoly je ovšem škoda, že se čtenáři nedostává více bližších informací o technických a metodologických aspektech týkajících se tvorby virtuálních prohlídek a aplikací. Nelze se tak vyjádřit k náročnosti investované k jejich tvorbě, jelikož v textu není u většiny projektů uveden přesný název platformy/software, na nichž byly aplikace vyvíjeny. Z textu rovněž není zcela zřejmé, zda byly autorem aplikace celkově programovány, zda autor adaptoval existující *workflows* či *templates* (do nichž byly jednoduše vloženy 3D modely, obrázky, texty a další data), anebo zda autor vyvinul a aplikoval svá vlastní originální řešení. Z textu rovněž není zřejmé, jaký čas byl vynaložen ke tvorbě 3D rekonstrukcí a 3D skenů artefaktů - jen velice hypoteticky lze uvažovat o tom, že 3D skenování tisíců předmětů muselo autorovi zabrat kolem roku práce. Tento fakt se týká i předchozí kapitoly.

5. Pátá kapitola se zabývá možnými východisky pro práci s 3D počítačovými rekonstrukcemi a jejich vizualizacemi. Autor se zde zabývá dvěma hlavními aspekty. Prvním z nich je řešení problematiky nejistoty dat rekonstrukčních modelů prostřednictvím dat 3D digitální dokumentace. Jedná se v zásadě o kombinaci 3D rekonstrukčních modelů, které jsou vsazeny do „reálných“ 3D modelů, jenž byly získány pomocí LIDARu či „vícesnímkové“ fotogrammetrie - v tomto ohledu by tato část práce mohla být chápána jako extenze třetí kapitoly a možná by ji v tak bylo vhodnější i prezentovat. Tato část obsahuje několik nepřesných či ambivalentních výroků týkajících se 3D skenování: data z LIDARu neobsahují oproti fotogrammetrickým rekonstrukcím automaticky odfiltrovanou vegetaci; primární data z LIDARu nemusí být nutně prezentovaná ve 2D rastru. Oponentovi není zřejmé, proč by mělo být u dat z LIDARu „často obtížné udržet informaci o původní textuře objektu“ (str. 172). Pakliže původní LIDARová data texturu obsahovala, proč by se měla textura časem ztratit, resp. proč by měla větší tendenci „se ztrácet“, než u fotogrammetrických dat? „Vícesnímkovou“ fotogrammetrií rozumí autor techniky Shape/Structure-from-Motion anebo i další techniky 3D rekonstrukce z obrazu? Druhým aspektem, kterým se autor v páté kapitole zabývá je diskuze týkající se vizuální komunikace výstupů z 3D počítačových rekonstrukcí. Autor zde diskutuje řadu aspektů ilustrací (smysl, koncepci, vizuální hierarchii kompozice, atd.). Na závěr pak navrhuje několik základních principů tvorby ilustrací, a to od jejich conceptualizace, přes kompozici až po roli veškerých prvků použitých ve scéně (měřítko, text, piktogramy, perspektiva, ...). Tato část práce, která se dotýká samotné metodiky tvorby 3D rekonstrukcí je napsaná odlehčeným a mírně rozdílným stylem, než tomu bylo u zbytku práce. Tato část práce by v budoucnu mohla velice dobře sloužit jako studijní příručka určená pro ilustraci movitých a nemovitých památek. V tomto směru by však u této části práce bylo určitě vhodné rozšířit pramennou základnu (v současné době jsou citovány skoro exkluzivně jen dvě reference).

6. Poslední - závěrečná - kapitola práce ve mne vzbuzuje mírné rozpaky. Místo celkového a finálního zhodnocení disertační práce, které by shrnovalo veškeré přínosy, poznatky a teze, ke kterým autor ve svém bádání dospěl, zde autor ze začátku diskutuje „subjektivitu“ počítačového modelu, resp. smysl výrazu „model“. Následně pak shrnuje diskutované problematiky výpisem čtyř-třídní typologie autorky Pujol-Tost, kterou dává do souvislosti s aspekty, resp. kapitolami, kterými se v disertaci zabýval. Místo toho, aby kapitola shrnovala disertaci a následně otvírala nové perspektivy, tak závěrečná kapitola otevírá a znova diskutuje aspekty, které již byly diskutovány v průběhu disertační práce. Tento fakt ovšem v žádném případě neubírá nic na originalitě a na vysoké kvalitě autorovy práce.

1. Struktura argumentace.

Práce je členěna přehledně, autorův výklad je v jednotlivých kapitolách srozumitelný. Lepšímu porozumění textu by prospělo začlenění úvodní kapitoly do textu (viz výše).

2. Formální úroveň práce

Přestože práce obsahuje řadu překlepů a chyb, které jsou typické pro každou disertační práci (chybějící/nadbyvající tečky, čárky; nerozlišování dlouhých a krátkých pomlček; chybějící mezery, malá písmena místo velkých, na některých místech se název kapitoly nachází na konci strany, nejednotné a neucelená jména autorů v textu - někdy celá jména autorů, někdy jen příjmení, někdy iniciál a příjmení, atd.), po gramatické a stylistické stránce je práce spíše zdařilá. Autor by však měl ujednotit styl a jazyk použitý v citacích, nepoužívat anglikanismy, a citovat veškerou literaturu stejným a jednotným stylem.

Ilustrace jsou početné a dobře ilustrativní, 3D rekonstrukce jsou ještě početnější a excelentní, na evropské úrovni.

3. Práce s prameny či s materiálem

Autor se dobře orientuje jak v archeologických, tak historických a technických pramenech. Některé pasáže práce jsou vystavěny exkluzivně na zahraniční literatuře. V některých pasážích by měl však autor používat více citačního aparátu (viz výše).

4. Vlastní přínos

Jedná se o jeden z pionýrských prací věnovaným 3D archeologickým rekonstrukcím v(e) (středoevropském měřítku. Přínos práce je už jen z tohoto hlediska obrovský. Poukazuje na to už samotný fakt, že některé z textů již byly publikovány, navíc v zahraničních periodících.

IV. Dotazy k obhajobě

Trendy použité v moderní vizualizace v archeologii jsou z velké části motivovány nynějšími trendy v umění, designu, architektuře, muzeografii, ale také ve velké míře v počítačových hrách (v disertaci zmíněné české *Kingdom Comes*, ale také sága *Assassin's Creed* – některé z dílů byly vytvořeny v užší spolupráci s British museum). Má 3D archeologie šanci rovněž aktivně zpětně ovlivňovat tato odvětví, anebo budeme nadále spíše přejímat metody a trendy užité v jiných oborech?

V poslední dekádě došlo k masovému rozšíření 3D skenování, 3D modelování, interaktivních panelů, fotosfér, tradiční a rozšířené VR, virtuálních muzeí, Jaké jsou dle kandidáta další trendy, s nimiž se v blízké budoucnosti setkáme v masovém měřítku v digitální archeologii a digitální muzeologii – v *digital humanities*?

Otázka týkající se variability. Pro rekonstrukci bran většiny oppid v Evropě se po dlouhou dobu používaly rekonstrukce bran z Manchingu, Bibracte, Závisti, či Hrazan; pro rekonstrukce dlouhých nadzemních domů se používaly domy z Manchingu, pro rekonstrukce dvorců se používaly dvorce z Hrazan či Starého Hradiska. Tento trend se sice pomalu začíná měnit, stále jsou však zřetelné některé tendence a „styly“ kopírování (například po vzoru Manchingu má řada *oppidálních* 3D rekonstrukcí bran z jiných regionů bílý nátěr). Neriskujeme tak časem jistou uniformizaci 3D rekonstrukcí? Nebudou časem veškeré 3D rekonstrukce vypadat stejně či velice podobně? Budeme například při rekonstrukci celých oppid (či jiných pravěkých opevněných sídelních areálů) moci postihnout a rekonstruovat regionální architektonické rozdíly v nadzemních prvcích staveb, anebo bude každé evropské hradisko vypadat při 3D průletu uniformně, prakticky stejně, jako určitý konsensus evropských znalostí o architektuře určitého období?

V práci je početně odkazů na „The London Charter“. Jak často by se měl aktualizovat? Které z bodů byste inovoval, přidal, anebo pozměnil?

V. Závěr

Disertační práce Jiřího Ungera má zásadní význam pro digitální archeologii nejen ve středoevropském měřítku. Navrhované metodologie a postupy by mohly být v budoucnu efektivně využity k rekonstruování a prezentaci nejen archeologického a kulturního dědictví.

Dle mého nejlepšího soudu předložená disertační práce **splňuje** požadavky kladené na disertační práci, a proto ji doporučuji k obhajobě a předběžně ji klasifikuji jako **prospěš.**

V Dijonu dne 21.8.2019

Josef WILCZEK