

Urbanová, Petra; Vachůt, Petr; Měchurová, Zdeňka

Analýza podobnosti drobné středověké plastiky pomocí trojrozměrných modelů

Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. M, Řada archeologická. 2011, vol. 60, iss. M16, pp. [219]-232

ISBN 978-80-210-5655-8

ISSN 1211-6327

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/125746>

Access Date: 28. 02. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

PETRA URBANOVÁ – PETR VACHŮT – ZDENKA MĚCHUROVÁ

ANALÝZA PODOBNOSTI DROBNÉ STŘEDOVĚKÉ PLASTIKY POMOCÍ TROJROZMĚRNÝCH MODELŮ

1. Úvod

Zavedením trojrozměrného modelování a 3D vizualizace movitých i nemovitých nálezů získala archeologie bezesporu výraznou pomoc pro dokumentaci a formální popis tvarově a velikostně variabilních objektů. Záznam terénních situací a artefaktů pomocí digitálních technologií umožňuje eliminovat subjektivní vklad dokumentátora a výsledný počítačový model je možné bezprostředně využít pro získání exaktních dat a jejich další analýzu. Tento postup je však stále limitován finanční náročností hardwaru, softwaru a v neposlední řadě i komplikovaností postupů, kterými lze modely zkoumat z pohledu jejich morfologické variability. Jednu z možných metod exploraace 3D dat založenou na trojrozměrných virtuálních modelech a tvarové analýze popisuje předkládaný příspěvek. Na příkladě srovnání podobnosti obličejových partií drobné středověké plastiky se pokusíme představit výhody i úskalí studia trojrozměrných dat s použitím pokročilých geometrických a statistických metod.

2. Drobná středověká plastika

Drobná hrnčířská plastika patří do skupiny archeologických nálezů, které umožňují blížeji nahlédnout do materiálního a duchovního života společnosti vrcholného středověku. Z hlediska funkce se o ní uvažuje hlavně jako o dětské hračce, ale také předmětu votivního charakteru. Byla jí už od počátku 20. století věnována pozornost různých evropských, zejména německých badatelů (např. GRÖBER 1928; SCHMIDT 1934; GRÖNKE – WEINLICH 1998; syntetické zpracování pak zejména HOFFMANN 1996; pro naše území pak např. SKUTIL 1947; BURIAN 1962; SMETÁNKA 1961; MĚCHUROVÁ 1988). Podle ztvárněné předlohy ji lze dělit do několika skupin. Nejčastěji se v archeologických nálezech objevuje lidská figurální plastika zastoupená různými druhy panenek, madonek či „mníšků“. Plastiku zvířecí pak představují zejména koničci; spojením obou vzniká oblíbená plastika jezdecká v podobě různých forem koníčků s jezdci. Podstatně méně

se objevuje znázornění jiných zvířat, jelenů, srnců, zajíců, psů, vlků, lišek, kterých bylo potřeba při hře na lov a honitbu (MEIER 2006, 114).

Vysvětlení významu těchto drobných předmětů se věnovaly už předchozí generace odborníků, a to nejen archeologů, ale také historiků umění a etnografů. Stále osciluje mezi určením jako dětská (?) hračka, nebo (to platí zejména pro lidskou figurální plastiku) jako předmět náboženského charakteru, votivní soška. Zdá se, že tuto letitou disharmonii šalamounsky vyřešila V. Hoffmann (1996, 133), která nevyklučuje ani jednu z těchto funkcí, naopak obě spolu asi souvisejí; děti (a často i dospělí) užívali figurek pro představení výjevů, pro hru jako divadlo („Fiktionspiele“), sestavovali a hráli s nimi často viděné a slyšené příběhy, jež měly většinou náboženský obsah – pašije, biblické výjevy (zde se rýsuje souvislost s původem vánočních betlémů), jindy ovšem i světské situace, jimž rádi přihlíželi. Takovým byl jistě pro obyčejného člověka středověku rytířský turnaj a postava jeho hrdiny – rytíře na koni – byla jeho vzorem po všech stránkách, odvahy, tělesné zdatnosti, ale i rytířských ctností.


Geografické rozšíření je zaznamenáno po celé střední Evropě, zahrnuje zejména německé země, kam lze asi lokalizovat i jejich původ (Porýní, ale i Bavorsko a Sasko), dále na východ polské i české Slezsko, Čechy a Moravu, Rakousko, Slovensko a Maďarsko. Hrnčířské dílny produkující drobné plastiky lze vysledovat v saské Lužici a Bavorsku (HOFFMANN 1996, 158–160). Drobná hrnčířská plastika je často nalézána na městských prostranstvích, náměstích a tržištích, neboť určitě byla vděčným artiklem jarmarků a trhů. Masovější produkci plastik exportovaných po Evropě usnadnila technologie výroby z jednodílné, někdy i dvoudílné formy, to v případě, že je plastika vytvarována i zezadu.




Časové zařazení hrnčířské plastiky lze stanovit ze široka: o jejich počátcích jsme informováni především z oblasti středního Německa – jižní část Dolního Saska, severního Hessenska a Vestfálska; nečetné zlomky figurek zvířat a jezdců se objevují v materiálu hrnčířské dílny na lokalitě Einbeck (1140–1230). V Sasku tak již od 13. století začíná tradice, která vrcholí v 18. století světoznámou míšeňskou produkcí. Pro období středověku se soudí, že nejstarší je v ruce tvořená rustikální plastika (zejména zvířecí), vyskytující se až do poloviny 13. století (HOFFMANN 1996, 158–159); glazované figurky koníčků či koníčků s jezdci je možno řadit od konce 13. a do celého 14. století. Konec 14. a minimálně první polovina 15. století představuje v tomto okruhu keramické produkce ústup od polevy a naopak zjemnění keramické hmoty (tzv. Pfeifenton), která už nemá zapotřebí povrchové úpravy. To se projevuje jak na koňské a jezdecké, tak i lidské figurální plastice – panenkách i ježišcích. V této etapě nastupuje už také výroba do formy; zdá se, že je zpočátku parciální, např. obličejové masky tzv. kentaurů (lokality Brandis v Sasku – HOFFMANN 1996, 160), vzniklé vtačením dílčí formy na ručně vyrobenou figurku, pak jednodílné, především panenky s čepcem kruselerem se stopami prstů na rubu hlavičky po vtačení do jednodílné formy (jihoněmecký okruh od poloviny 14. do první třetiny 15. století) až k plastice všeho druhu z dvoudílných forem (Porýní, Sasko, Lužice), která se jeví pochopitelně jako nejmladší, přesahující z poslední čtvrtiny 15. století do 16. století (HOFFMANN 1996, 161–162).



3. Metodologická východiska a analyzovaný materiál

Figurální lidskou plastiku z moravských nálezů je možné rozdělit do několika typů (MĚCHUROVÁ 1988, 74–75), jež byly vyráběny analogickou technologií. Do první skupiny spadají ženské sošky s vlnkovitým vinutím čepce, límce a oválným obličejem a se zjevným postupem výroby pomocí jednostranné formy. Přestože figurky z této skupiny tvoří morfologicky konsistentní skupinu, mezi doposud nalezenými plastikami nebyly identifikovány žádné, které by pocházely z jedné a téže formy. Poměrně značná podobnost je zřejmá i u obličejové části druhého typu figurek, který se vyznačuje jemně modelovanými obličejem v reálné anatomické podobě. Tělo figurek bývá nepříliš pečlivě tvarováno v ruce, pouze obličej je propracován detailně, což svědčí o pravděpodobném výrobním postupu jeho otisknutím do formy. Obdobné tvary obličejů lze vysledovat i u třetího typu figurek, které jsou charakteristické stylizovanými tvářemi s kulatými očima, silným nosem a širokými rty.

Soubor figurek shromážděný z moravských lokalit nabízel možnosti ověření hypotézy předpokládající shodu obličejových partií figurek. Při tomto srovnání byla kromě tradičního porovnání skutečných předmětů využita i analýza jejich trojrozměrných modelů. K analýze tvarové podobnosti bylo vybráno šest keramických figurek. Tři plastiky patří do výše uvedené druhé skupiny figurek s jemně modelovanými obličejem v reálné anatomické podobě (figurky č. 1, 2 a pravděpodobně i č. 3) a další tři byly zařazeny do třetí skupiny plastik se stylizovanými tvářemi s kulatými očima, silným nosem a širokými rty (figurky č. 4 až 6). Figurky byly dochovány v různém stavu, podmínkou byla alespoň částečná identifikace obličejové části. Cílem analýzy bylo prozkoumat tvarovou podobnost obličejů figurek s možností identifikace použití shodné formy při výrobě figurek. Ověřena měla být metodika kvantitativní analýzy tvaru na účelově vybraných předmětech dochovaných v úplnosti i částečně poškozených exemplářích.

Figurka č. 1	
	<p>Brno „Velký špalíček“ - Mečová ulice č. 2 a Dominikánská ulice č. 1–7. Výzkum Archaia Brno o.p.s. z roku 2000 (Muzeum města Brna, i. č. 207179/2100).</p>
	<p>Torzo figurky jezdce sedícího na koni. Je vyrobena z jemně světlé keramické hmoty, nepolévaná.</p>

<p>Figurka č. 2</p> 	<p>Brno „Velký špalíček“ - Mečová ulice č. 2 a Dominikánská ulice č. 1–7. Výzkum Archaia Brno o.p.s. z roku 2000 (Muzeum města Brna, bez i. č.).</p> <p>Torzo figurky odlomené v úrovni pasu. Je vyrobena z jemně světlé keramické hmoty se žlutohnědou polevou.</p>
<p>Figurka č. 3</p> 	<p>Újezd u Tišnova (okr. Brno-venkov), zřícenina „Hrádek“ (Moravské zemské muzeum Brno, bez i. č.).</p> <p>Torzo figurky odlomené v úrovni pasu. Figurka je silně abradovaná včetně obličejové části, základní proporce zobrazované postavy zůstaly zachovány. Je vyrobena z šedé keramické hmoty s ostřivem, bez znatelné povrchové úpravy. Datování: polovina 14. století (NEKUDA – UNGER 1981, 298, obr. 247).</p>
<p>Figurka č. 4</p> 	<p>Újezd nad Rokytnou (okr. Znojmo) – artefakt získán sběry A. Gottwalda s uvedením katastru Újezd u Hrotovic (Moravské zemské muzeum Brno, i. č. 243).</p> <p>Kompletní postava ve splývavém rouchu s kápí a rukama sepjatýma na prsou. Je vyrobena z jemně šedé keramické hmoty se zelenožlutou polevou (MĚCHUROVÁ 1988, 71–72). Datování: rámcově pozdní středověk (podle HOFFMANN 1996, 168–170, Abb. 24).</p>

Figurka č. 5	
	<p>Mstěnice (k.ú. Hrotovice, okr. Třebíč) – nález z usedlosti X. Výzkum Moravského zemského muzea v Brně (i. č. 78081).</p> <p>Silně otřelá celá figurka z jemné světlé hlíny s žlutohnědou polevou. Opět se jedná o postavu s kápí a rukama sepjatýma na prsou (MĚCHUROVÁ 1988, 72). Datování: pokročilé 14. století, předhusitské období (NEKUDA – NEKUDA 1997, 37, 84).</p>
Figurka č. 6	
	<p>Hrad Obřany (k.ú. Kanice, okr. Brno-venkov) – bez bližších nálezových okolností (Moravské zemské muzeum Brno, i. č. 83230)</p> <p>Odlomená obličejová část formálně stejného charakteru jako u figurek č. 4 a 5. Je modelovaná z jemné světlé hlíny bez další povrchové úpravy, nepolévaná (MĚCHUROVÁ 1988, 72). Datování: rámcově pozdní středověk (podle HOFFMANN 1996, 168–170, Abb. 24).</p>

4. Metody zpracování

4.1. Vytvoření trojrozměrného modelu

Obličejové šest figurek byly digitalizovány v Laboratoři morfologie a forenzní antropologie na Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity pomocí ručního laserového skeneru MicroScan 3D v kombinaci s ramanovým digitizérem MicroScribe G2XL. Oba přístroje tvoří funkční celek, který je schopen převést prostorovou informaci o morfologii objektu do podoby trojrozměrného počítačového modelu. Celý proces se skládá z několika na sebe navazujících kroků. Pohybem laserového paprsku po povrchu objektu jsou nejdříve vytvořeny prvotní syrové skeny zaznamenávající tvar z různých pohledů. Tyto

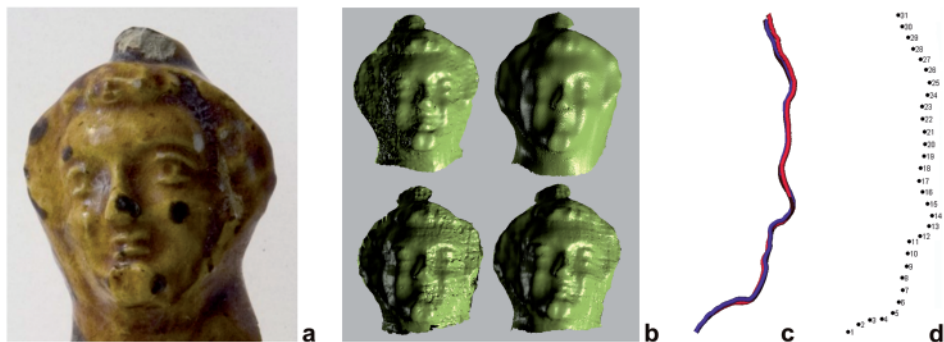
dílčí partie jsou složeny do jednoho celistvého skenu na základě čtyř referenčních bodů a následně rozloženy na mrak bodů, aby byly nakonec opět pospojovány do tzv. polygonů. Polygony tvoří základní stavební prvek výsledného trojrozměrného, tzv. polygonálního modelu. Jejich velikost a počet určuje přesnost, s jakou byl původní fyzický objekt převeden do virtuální podoby. Skenováním obličejových částí figurek jsme vytvořili reprezentativní počítačové modely, jež obsahovaly od 60 000 do 800 000 polygonů.

Při převodu objektu do prostředí počítače mohou vznikat drobné odchylky mezi skeny stejných částí povrchu artefaktu. Jsou dány zejména různým nastavením skeneru nebo podmínkami skenovacího procesu (světelné podmínky a jejich stabilita, rozptyl paprsku aj.). Abychom zmírnili dopad, který mohou mít tyto chyby na analýzu tvaru, byla každá figurka naskenovaná nejméně dvakrát. Také během převodu syrových skenů do výsledného polygonálního modelu dochází ke vzniku „uměle vytvořené“ morfologické variability mezi virtuálními modely. Podobně jako u skenování jsme vliv těchto rozdílů na popis skutečných rozdílů mezi figurkami simulovali použitím různých nástrojů pro úpravu velikosti a povrchu modelů (např. redukce počtu bodů, vyhlazení povrchu, odstranění nepatřičných bodů atd.). Ve výsledku jsme pro každou figurku získali sadu několika – více či méně odlišných – modelů.

4.2. Získání exaktních prostorových dat

Při studiu podobnosti tvarů trojrozměrných modelů se nabízí několik postupů. Nejjednodušší metodou je vzájemná superpozice dvou 3D modelů ve virtuálním prostoru. Tento postup je nicméně omezen pouze na srovnání vždy jen jedné dvojice a jde pouze o aspektivní srovnání, které neposkytne žádný konkrétní číselný výstup, jež by dokazoval vzájemnou podobnost nebo rozdílnost tvarů. Alternativní přístup nabízí metody kvantitativní analýzy tvaru. V případě trojrozměrných prostorových dat je to však postup relativně komplikovaný, vyžadující znalosti pokročilé geometrie. Analýza dvourozměrných prostorových dat je postupem teoreticky i prakticky jednodušším. Vedle toho je na internetu k dispozici řada volně stažitelných softwarových aplikací, jež uživatele provedou celým procesem kvantitativní analýzy (např. <http://life.bio.sunysb.edu/morph>).

V případě středověkých figurek jsme se proto vydali jednodušší cestou a srovnání podobností tvaru obličejů jsme provedli na vertikálních a horizontálních řezech 3D modely. Modelem byly vedeny 2 řezné roviny. První procházela střední rovinou (vertikální řezy), zatímco druhá rovina, kolmá na předchozí, protínala obličej figurky transversálně ve výšce špičky nosu (horizontální řezy). Průnik roviny a polygonálního modelu určoval požadovanou křivku. Celkem jsme ze šesti zkoumaných figurek (43 různých trojrozměrných modelů) získali 41 horizontálních a 43 vertikálních křivek. Extrahované kontinuální křivky byly poté rozděleny konstantním počtem pravidelně rozmístěných bodů: 31 bodů pro vertikální řezy a 30 bodů pro horizontální řezy. Kartézské souřadnice těchto bodů se staly vstupními daty pro navazující analýzu podobnosti. Pro vytvoření a manipulaci s modely a křivkami byly použity programy MicroScan Tools a Rhinoceros 4.0, SR4.



Obr. 1. Postup při získávání prostorových dat popisujících tvar obličejů figurek: a – originální figurka; b – virtuální 3D modely v různém rozlišení a s různým vyhlazením; c – sada křivek získaná vertikálními řezy virtuálními modely; d – jedna z křivek rozdělená na mrak bodů.

4.3. Analýza prostorových dat

Při vlastní kvantitativní analýze podobnosti tvaru křivek jsme použili metodu klouzavých pomocných bodů (BOOKSTEIN 1996) a metodu tenkých ohebných plátků (BOOKSTEIN 1991). Obě metody patří k pokročilým postupům kvantitativní analýzy tvaru neboli geometrické morfometrii. Metoda klouzavých pomocných bodů je jednou z metod standardizace objektů, která vždy předchází numerickému popisu tvaru. Volba vhodné standardizace hraje klíčovou roli v analýze. Cílem je zajistit, aby studované objekty splňovaly podmínky nutné pro analýzu výhradně tvarové a žádné jiné variability. Při skenování objektů je např. velikost, poloha a orientace figurek vůči zemské ose nebo jinému referenčnímu systému rozdílná, proto se také křivky ve virtuálním prostoru mezi sebou liší v umístění a ve stupni natočení. Abychom mohli zjistit, do jaké míry jsou tvary jednotlivých křivek rozdílné, je zapotřebí nejdříve odstranit právě ty vlastnosti, které přímo nesouvisí s tvarem objektu. V případě konfigurace bodů na křivce to znamená ji vycentrovat a proporčně zvětšit či zmenšit tak, aby si body na křivce vzájemně co nejvíce odpovídaly. Princip, s jakým tyto kroky provádí metoda pomocných klouzavých bodů, je následující: body křivky jsou přesunuty na společný střed gravitace, tzv. centroid a otočeny jedním směrem. Poté se body mezi sebou začnou posouvat tam a zpět. Pohyb probíhá na tečně vedené kolmo na průběh křivky a je ukončen až tehdy, jsou-li rozdíly mezi body různých křivek v celém souboru minimální.

Jakmile byla standardizace ukončena, přistoupili jsme k numerickému vyjádření tvaru křivek (metoda tenkých ohebných plátků). Proměnné, jejichž hodnoty udávají míru zakřivení tvaru, se v této analýze označují jako tzv. hlavní varpy (URBANOVÁ – KRÁLÍK 2009). Každá hlavní varpa vyjádřená dvěma hodnotami, tzv. dílčími varpami popisuje specifickou změnu tvaru. Celkový počet hlavních (a současně i dílčích) varp pro popis jedné konkrétní křivky je určen počtem bodů, jimiž je křivka zastoupena, a to podle vztahu $n = k - 3$, kde k je počet bodů na křivce.

Při analýze horizontálních i vertikálních křivek jsme použili programy TPS Relw, TPS Spline (oba ROHLF 2001) a NTSYSpc 2.21b s následujícím technickým nastavením: kritériem pro klouzání pomocných bodů byla zvolena hodnota deformační energie, všechny body křivky s výjimkou dvou koncových bodů byly zahrnuty v procesu klouzání, uniformní komponenta byla odhadnuta na základě regrese podle F. L. Booksteina a F. J. Rohlf (2003), velikost křivek byla standardizována na velikost centroidu. Na základě tohoto nastavení jsme pro každou skupinu dat (tj. odděleně pro horizontální a vertikální křivky) vypočítali matici prokrústovských vzdáleností. Na získanou matici jsme dále aplikovali shlukovací analýzu se shlukovacím pravidlem nevážených skupinových průměrů (*UPGMA – unweighted pair-group method, arithmetic average*). V poslední fázi tvarové analýzy jsme obě skupiny dat zkombinovali do kanonické korelační analýzy. Kanonická korelační analýza studuje vztah mezi dvěma nezávislými datovými soubory. V našem případě se jednalo o hodnoty dílčích varp horizontálních křivek ($N = 27$) a hodnoty dílčích varp vertikálních křivek ($N = 28$). Celkový počet studovaných tvarů byl snížen na konečných 39 křivek, aby si vertikální a horizontální křivky u jednotlivých modelů figurek přesně odpovídaly. Výsledek kanonické korelační analýzy představují kanonické proměnné, které jsou lineárními kombinacemi obou skupin vstupních proměnných a zároveň s nimi maximálně korelují. Počet kanonických proměnných je volitelný. Lze si je představit podobně jako faktory faktorové analýzy s tou výhradou, že kanonické proměnné jsou na rozdíl od faktorů získány odděleně pro vstupní datové soubory. V našem případě byly pro každou sadu dat získány dvě kanonické proměnné (tj. celkem čtyři kanonické proměnné). Kanonickou korelační analýzu jsme vypočítali v programu NTSYSpc 2.21b.

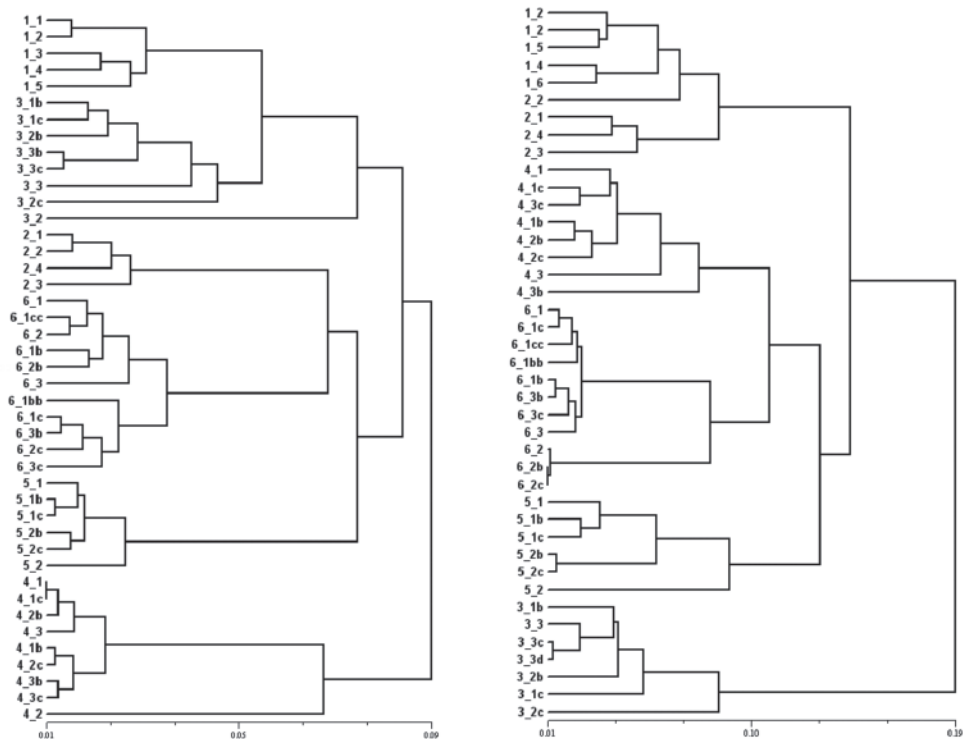
Výsledky statických testů byly doplněny grafickými výstupy. Především interpretace proměnných kanonické korelační analýzy by bez vizualizace, které dokreslují tvarové změny spojené s danou kanonickou osou, nebyla možná. Vizualizace je v podstatě převrácený proces tvarové analýzy, při němž z teoreticky generovaných hodnot tvarových proměnných zpětně určujeme polohu kartézských souřadnic bodů v prostoru. Rekonstrukce tvaru o dané hodnotě kanonické proměnné (resp. o daných hodnotách dílčích varp) vyžadovala sestavení více-rozměrného modelu pro určení hodnot kartézských souřadnic. Tento model byl sestaven na základě vícerozměrné vícenásobné lineární regrese. Grafické výstupy byly připraveny s pomocí programu Morpheus et al. (SLICE 1993).

5. Výsledky

5.1. Shlukovací analýza

Z dendrogramů shlukovací analýzy vypočítané na hodnotách tvarových proměnných (obr. 2) je patrné, že až na jednu výjimku (vertikální křivka 3_2) žádná z technických úprav modelů neměla významnější vliv na výsledný tvar analyzované křivky. Tvary se v případě horizontálních i vertikálních křivek shlukují

primárně podle příslušnosti k figurce. Teprve až delší ramena dendrogramů odhalují vzájemnou tvarovou podobnost figurek, při čemž v případě vertikálního řezu figurkou projevují vzájemnou afinitu figurky 1 a 3, figurky 2 a 6 a do určité míry se dá říci, že k nim patří i figurka 5. Figurka 4 se naopak ve vertikálním řezu zcela odlišuje od ostatních tvarů. Horizontální řez ukázal podobnosti mezi figurkami 1 a 2. U figurky 4 a 6 a vzdáleně i figurky 5 je naznačena určitá podobnost. Samostatně pak stojí figurka 3.

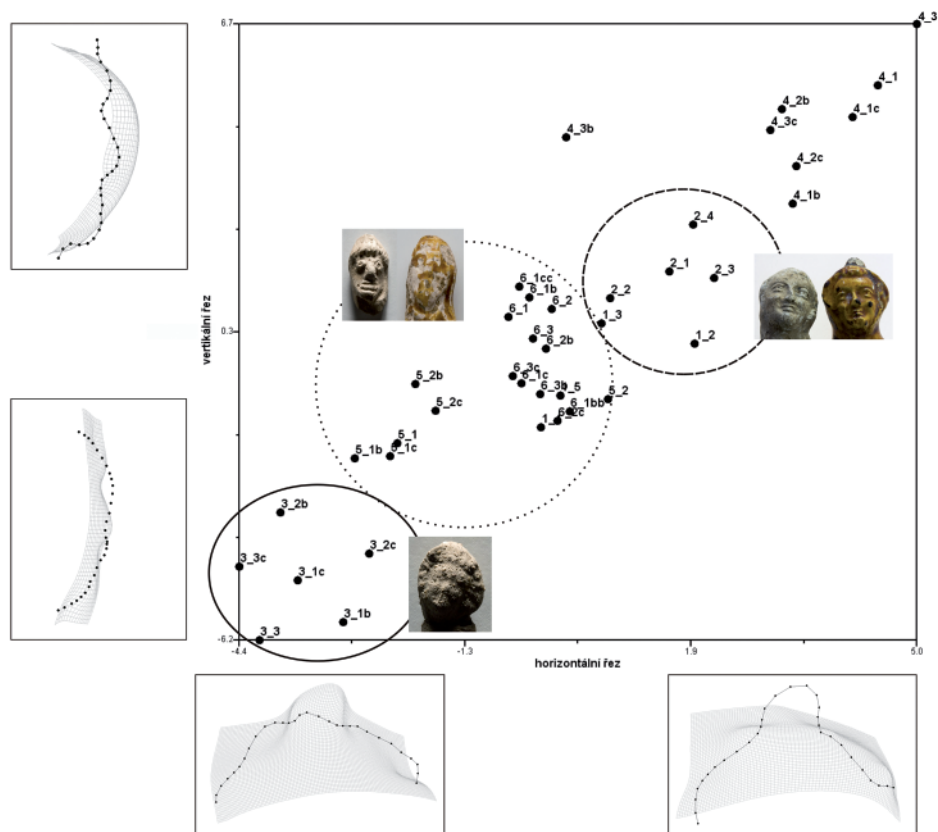


Obr. 2. Dendrogramy shlukovací analýzy tvarové analýzy vertikálních (vlevo) a horizontálních křivek (vpravo).

5.2. Kanonická korelační analýza

Spojením obou tvarů do jediné analýzy jsme získali lepší představu o vzájemné podobnosti figurek. Analýza jednoznačně oddělila figurku 6 od všech ostatních tvarů. Také figurka 4 se odlišuje. Naopak figurky 1 a 2 tvoří v prostoru kanonických proměnných dvojici. Podobně, i když v menší míře, se párují také figurky 3 a 5.

Oddělení tvaru figurky 6 lze vysvětlit na základě tvarových změn, které jsou s kanonickými osami spojené. Obě první kanonické proměnné určují zvýraznění nebo naopak potlačení dominantních partií obličeje, jako jsou nos, ústa a brada

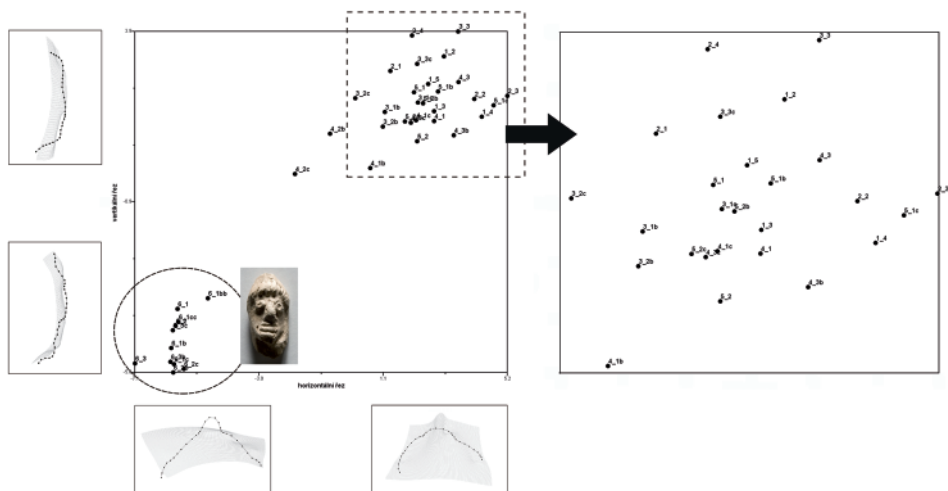


Obr. 3. Rozmístění tvarů obličejů figurek v prostoru prvních kanonických proměnných horizontálního a vertikálního řezu virtuálními modely figurek. Podél os jsou znázorněny tvary, které dané proměnné popisují v záporných a kladných hodnotách.

(obr. 3). V kladných hodnotách se nacházejí figurky s vlnkovitým profilem. V záporných hodnotách se tvar křivky naopak zaobljuje a přechod mezi částmi profilu je plynulejší. Výrazná je horní polovina křivky zahrnující oblast čela. Naopak spodní část v oblasti brady ustupuje. Také obě druhé kanonické proměnné obou tvarů zachycují míru vykreslení tvaru (obr. 4). Vzájemná silná pozitivní závislost obou proměnných ($R = 0,912$, $p < 0,05$) odkazuje na skutečnost, že tvary se zápornými hodnotami vertikálního řezu budou současně nabývat záporných hodnot v horizontálním řezu a *vice versa*.

6. Diskuze

Vizuální hodnocení patří k tradičním postupům při studiu tvarově podobných předmětů v humanitních, ale i přírodních vědách. Tento aspektivní přístup je



Obr. 4. Vlevo je znázorněno rozmístění tvarů obličejů figurek v prostoru druhých kanonických proměnných horizontálního a vertikálního řezu virtuálními modely figurek. Podél os jsou znázorněny tvary, které dané proměnné popisují v záporných a kladných hodnotách. Vpravo je zobrazen výřez pro detailnější pohled na tvarovou podobnost figurek.

zajisté jednoduchý, přístrojově a technicky nenáročný a především levný. Pro studium archeologických či jiných artefaktů však bývá zatížen řadou nedostatků. Na jedné straně vycházejí ze schopností vlastního hodnotitele, jeho erudice a předchozích zkušeností. Na straně druhé stojí fyziologické omezení lidského oka, které nedovoluje rozpoznat jemné nuance tvarových rozdílů mezi zdánlivě stejnými objekty.

Podobně také prvotní vizuální porovnání obličejů sledovaných plastik přineslo hrubý přehled o míře podobnosti mezi studovanými objekty. Shodné rozměry a obdobná morfologie figurek 1 a 2 patrně *a prima vista* naznačovaly, že by při vzniku mohla být použita identická výrobní forma, anebo přinejmenším výrobní technologie. Obdobnou vnější podobnost danou především charakteristicky zvýrazněnými znaky obličeje (kulaté oči, silný nos a široké rty) jsme našli také u plastik 4 a 6. O možné identitě forem zde bylo zbytečné uvažovat, protože figurky měly rozdílné proporce obličeje. Proto pokud bychom vytvářeli typologii plastik, obě dvojice bychom zařadili do samostatných kategorií. Naopak u figurek 3 a 5 bylo určení „typu“ nebo podobnosti s ostatními figurkami ztíženo špatným stavem zachovalosti. Figurky jsou silně ořelé a výrazná abraze detailů obličeje brání posouzení právě těch typologicky významných charakteristik obličeje, které charakterizují předchozí skupiny.

Kvantitativní analýza tvaru s použitím trojrozměrných modelů nepřinesla ani přes svoji relativní pracnost, metodickou náročnost a deklarovanou objektivnost zdánlivě žádné významně odlišné výsledky. Potvrdila zřetelnou podobnost figurek 1 a 2 v horizontálním řezu, ale již menší podobnost ve vertikálním řezu

figurkou. Naopak vertikální řez ukázal na afinitu obličejů 1 a 3, u nichž bylo vizuální hodnocení limitováno jejich ořetlostí. Také numerický popis je stejně jako typologie ovlivněn mírou zachovalosti tvaru, ale výsledky analýzy potvrdily, že použitá metoda je natolik citlivá, že pokud byl úbytek materiálu v zásadě rovnoměrný po celé ploše obličejce, vzájemnou podobnost figurek bylo stále možné zachytit. Stejným případem snížené výpovědní hodnoty vlivem vysokého stupně abraze byla plastika 5.

V zásadě můžeme říct, že každá z figurek má unikátní morfologii a že na základě kvantitativní analýzy tvaru nelze potvrdit, že by při výrobě některé dvojice ze sledovaných artefaktů byla použita shodná forma.

7. Závěr

V této studii jsme ukázali alternativní přístup k analýze tvarově podobných archeologických artefaktů, který může doplnit a upřesnit tradiční vizuální porovnání kombinované s měřením vzdáleností či úhlů. V praxi byl vyzkoušen proces zahrnující získání prostorových dat s použitím ručního laserového skeneru MicroScan a jejich dalších úprav vedoucí k vytvoření 3D virtuálního modelu využitelného k tvarové analýze. Relevantní informace o náročnosti pořízení tohoto kompletního 3D modelu patří mezi hlavní přínosy provedené analýzy.

Vlastní výsledky prostorové analýzy ukázaly, že ani opakované skenování nebo různé postupy pro vytváření a úpravy trojrozměrných modelů nepřekryjí reálné tvarové rozdíly mezi objekty s prostorově komplikovaným povrchem. Využití předkládané metodiky by bylo beze zbytku možné zejména u jednodušších tvarů, než je obličej středověkých figurek, např. u profilů nádob. Proto se domníváme, že i přes některá úskalí, která jsme v tomto příspěvku naznačili, může virtuální modelování a analýza prostorových dat přinést celou řadu nových poznatků, a proto mají v archeologii své opodstatnění a zcela jistě svoji budoucnost.

Literatura

- BOOKSTEIN, F. L. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data*. Cambridge.
- BOOKSTEIN, F. L. 1996: Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis, *Bulletin of Mathematical Biology* 58/2, 313–365.
- BOOKSTEIN, F. L. – ROHLF, F. J. 2003: Computing the uniform component of shape variation, *Systematic Biology* 52/1, 66–69.
- BURIAN, V. 1962: K typologii a datování lidové keramické plastiky (konička), *Československá etnografie* 10, 301–307.
- GRÖNKE, E. – WEINLICH, E. 1998: *Mode aus Modeln*. Nürnberg.
- GRÖBER, K. 1928: *Kinderspielzeug aus alter Zeit. Eine Geschichte des Spielzeugs*. Berlin.
- HOFFMANN, V. 1996: Allerlay kurtzweil – Mittelalterliche und frühneuzeitliche Spielzeugfunde aus Sachsen. *Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodenkmalpflege* 38, 127–200.
- MEIER, F. 2006: *Mit Kind und Kegel. Kindheit und Familie im Wandel der Geschichte*. Stuttgart.

- MĚCHUROVÁ, Z. 1988: Drobná středověká plastika ve sbírkách Moravského muzea v Brně, Časopis Moravského muzea LXXIII, *Scientiae sociales*, 71–76.
- NEKUDA, R. – NEKUDA, V. 1997: Mstěnice 2. Zaniklá středověká ves u Hrotovic. Dům a dvůr ve středověké vesnici. Brno.
- NEKUDA, V. – UNGER, J. 1981: Hrádky a tvrže na Moravě. Brno.
- ROHLF, F. J. 2001: Comparative methods for the analysis of continuous variables: Geometric interpretations. *Evolution* 55, 2143–2160.
- SCHMIDT, E. 1934: Mittelalterliche Spielzeugpferdchen und Tonreiter. In: *Altschlesien* 4, Breslau, 282–319.
- SKUTIL, J. 1947: Z nejdávnější předdějinné minulosti hraček. Moravský příspěvek k jejich poznání, *Paedologické rozhledy* III, 197–224.
- SLICE, D. 1993: Morpheus et al., beta version morphometric analysis software.
- SMETÁNKA, Z. 1961: K problematice drobné hrnčířské plastiky, *Sborník Československé společnosti archeologické při ČSAV* 1, 106–110.
- URBANOVÁ, P. – KRÁLÍK, M. 2009: Kvantitativní popis tvaru pomocí metod geometrické morfometrie. In: Malina, J. (ed.) – Svoboda, J. A.: Čas lovců: Aktualizované dějiny paleolitu. Panoráma antropologie: biologické – sociální – kulturní 32, Brno, 277–289.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL SIMILARITIES OF SMALL-SCALE MEDIEVAL FIGURINES USING 3D VIRTUAL MODELS

Small-scale medieval figurines are found within archaeological contexts across modern central Europe, throughout the High and Late Middle Ages (1200s to 1500s). The production technology evolved from hand-carved figurines to cast-made plastics, where the cast was used to shape facial features in particular. The use of similar or identical techniques is evidenced by the striking resemblance observed in the facial features of many figurines of the period. However, confirmatory evidence of the use of identical form, such as might be shown by the occurrence of two identical figurines, has not yet been found. Traditionally, confirming or rejecting this hypothesis involves simple visual observation or comparative survey. Alternatively, the issue can be addressed in an objective manner by carrying out quantitative shape analysis. In this study, such an approach was taken to the facial morphology of six medieval anthropomorphic figurines from various sites in Moravia. Three belonged to a group of figurines cast from a refined ceramic mold with finely shaped facial features reflecting anatomically accurate structures (figurines 1, 2 and likely 3). Three others came from a group of plastics featuring overdesigned rounded eyes, thick nose and wide lips (figurines 4 to 6). The facial morphology was captured using 3D laser scanning technology. Cross-sectional profiles were studied by means of descriptive and analytical tools, and multivariate statistical analysis. This application of an advanced approach to computer-supported spatial analysis may serve as a guideline for studying a variety of archaeological items, either as a stand-alone method, or in combination with more traditional approaches.

Fig. 1. Spatial data acquisition technique aimed at capturing facial morphology of medieval figurines: a – original item; b – 3D virtual models in a various level of resolution and smoothing; c – set of curves acquired as an intersection between a model and mid-sagittal cutting plane; d – curve cut into a cloud of points.

Fig. 2. Dendrograms displaying results of the cluster analysis for curves of mid-sagittal cutting (right) and transversal planes (left).

Fig. 3. Scatterplot of distribution of shapes within the space of the first canonical axes combining data of both mid-sagittal and transversal approaches. The plot is accompanied by the shape associated with maximum and minimum scores for a relevant axis.

Fig. 4. Scatterplot of distribution of shapes within the space of the second canonical axes combining data of both mid-sagittal and transversal approach. The plot is accompanied by the shape associated with maximum and minimum scores for a relevant axis.

RNDr. Petra Urbanová, Ph.D.
Ústav antropologie PŘF MU
Kotlářská 2
611 37 Brno
urbanova@sci.muni.cz

Mgr. Petr Vachůt
Muzeum města Brna
Špilberk 1
662 24 Brno
vachut@spilberk.cz

PhDr. Zdeňka Měchurová, CSc.
Moravské zemské muzeum
Zelný trh 7
659 37 Brno
zmechurova@mzm.cz