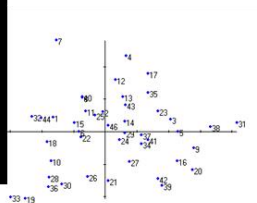
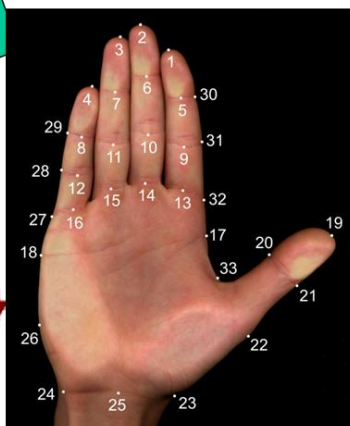
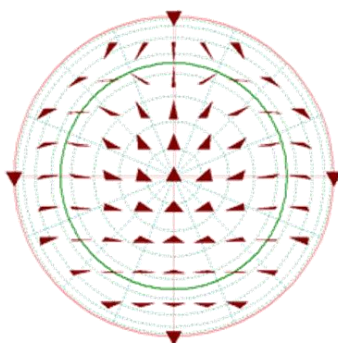
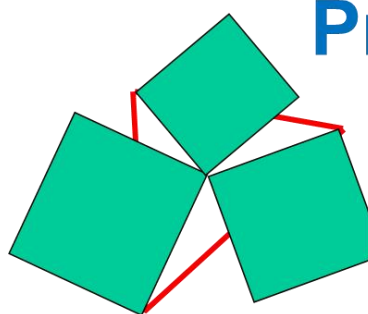

0/2/0. 2 kr. Ukončení: z.

Praktikum z analýzy tvaru

I. Úvod: Velikost a tvar v antropologii



Stanislav Katina
Miroslav Králík

Velikost a tvar v antropologii

Miroslav Králík

(textové poznámky k úvodní přednášce předmětu Praktikum z analýzy tvaru)

Životní forma

- Materiální způsob životní existence organismů – 3D objekty ohraničené vůči svému okolí
- Zahrnuje různé vnější i vnitřní složky, nejdůležitější jsou velikost a tvar, barva, textura, členitost (fraktálová povaha), hmotnost, homogenita, chemické složení, molekulární podstata aj.
- Velikost a tvar: Vnější trojrozměrná rozprostraněnost živých organismů
- Definuje způsob členění živé „hmoty“ na oddělené jedince – individua (kompartimentace živé hmoty na nadbuněčné úrovni)
- Udává základní životní možnosti, schopnosti, nároky a limity každého jedince

Velikost

- Udává absolutní rozměry formy

Větší tělo (*hlavní výhoda Metazoa*)

Výhody:

1. Pohyb: překonání fyzikálních limitů prostředí
2. Potrava: změna místa a snazší predace
3. Ochrana/obrana: před predátory
4. Reprodukce: samci intrasexuální selekce, samice velikost vrhu/snušky, ochrana mláďat

Nevýhody:

1. Pohyb: vyšší hmotnost – nutnost podpůrných struktur
2. Potrava: potřeba více látek a energie, jejich rozvod
3. Ochrana: nutnost udržování vnitřní integrity velkého a složitého těla
4. Reprodukce: delší růst – delší generační čas, nižší frekvence reprodukce ...

Tvar

- Vlastnost formy po odhlédnutí od velikosti
- Má nepřeborné množství funkčních aspektů

Některé namátkou vybrané souvislosti tvaru těla a jeho částí s životními děti, funkcemi, potřebami:

- Celkový tvar těla vs. pohyb (aerodynamický, hydrodynamický, přizpůsobený pohybu v úzkých dutinách aj.)
- Tvar končetin a způsob lokomoce
- Tvar zobáku ptáků a potravní adaptace
- Tvar zubů primátů a potravní adaptace
- Obecný tvar těla a průměrná roční teplota
- Tvar kopulačního orgánu a systém páření
- Tvar obratle a jeho poloha v páteři

Tvar

- Odlišnosti na mnoha hierarchických úrovních

- Většinou složité vazby v rámci organismu
- Zřídka platí jednoduché (jedno) kauzální vysvětlení
- Rozlišovat explanační dichotomie (Cause and Effect in Biology, čti: Grim 2000):
Proximitivní (evoluce, ontogeneze, morfologie-fyziologie)
Ultimativní – behaviorální ekologie (k čemu je to dobré)

Souvislost velikosti a tvaru

Většinou přítomná souvislost velikosti a tvaru, tj. tvar se mění s velikostí

Je třeba rozlišit několik forem alometrie:

- alometrie ontogenetická (změna tvaru v průběhu růstu)
- alometrie vnitrodruhová (statická, velcí dospělí mají jiné proporce než malí)
- alometrie fylogenetická (zvětšování/zmenšování velikosti těla v evoluci vede k změnám v tvaru).

Základní principy organizace živých forem

Při studiu velikosti a tvaru těla u živých forem se setkáváme s jevy, které jsou ve většině případů (současně) přítomny a je třeba je brát v úvahu: Symetrie, polarita, metamerie, fraktálový charakter, sebezprezentace.

Symetrie

Bilateralita u osově souměrných organismů – v ideálním případě symetrické tělo podle jedné osy

Ale: Počítat se zrcadlovou souměrností, ale také se specializací stran

Reálné tělo je vždy v určité míře různé míře asymetrické

- Direkcionální (směrová) asymetrie
- Fluktuální asymetrie
- Antisymetrie
- Zkřížená asymetrie
- aj.

Bliže čti Kapitola 3: Asymetria z práce: Koprudová A. (2007): *Fluktuální asymetria u člověka*. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita.

Dostupné na: http://unida.cz/th/150678/prif_b/Fluktuacna_asymetria_u_cloveka.pdf

Polarita

Rozlišení hlavového a ocasního konce těla, proximální a distální strany končetin atd.

V rámci rozpětí mezi „póly“ existují gradienty nejrůznějších jevů (fyzické zatížení, cévní zásobení, koncentrace receptorů ...)

Tvar v různých místech mezi „póly“ nemá stejnou „hodnotu“

Metamerie

Tvorba těla mnohonásobným opakováním jednoho monomeru

Obratle, prsty, zuby, cévy (produkty mnohonásobného členění původně jedné/jednotlivé struktury

Možnost přenosu principů (a analytických metod) z jedné části těla na druhou (např. vlastnosti struktur odvozených se sousedních žaberních oblouků: *mandibula – os hyoideum – cartilago thyroidea*)

Současně ale výzva pro statistiku (např. tvar krku ze 7 obratlů – 7x obdobná metamerická struktura, jen vyvedená mírně odlišně – 7 případů nebo 7 opakování téhož?)

Fraktálový charakter a „soběpodobnost“

(Příklad paradoxu pobřeží, viz: <http://fractal.foundation.org/OFC/OFC-10-4.html>)

(Významná osobnost: Benoit Mandelbrot)

Na rozdíl od jednoduchých geometricky definovaných objektů má většina živé přírody fraktálový charakter:

- Stromy
- Plicní bronchy
- Cévy
- Nervy
- Rýhování vajíčka
- Ad lib.

Soběpodobnost: libovolná část objektu má tvar, který je podobný celému objektu při jiném rozlišení.

Fraktálová analýza, typické otázky:

- Jak se složitost struktury mění se změnou škály (rozlišení, zvětšení)
- Platí některé principy napříč rozlišovacími úrovněmi?

Tvarová analýza od fraktálových vlastností živých objektů většinou abstrahuje (nebere je v úvahu), což je špatně a představuje oblast pro budoucí zlepšení morfometrie.

(Blíže např.: http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/includes/harfa_e_journal.inc.php)

Sebeprezentace

(Významná osobnost: Adolf Portmann)

Organismy kromě zachování těla reprodukce vkládají značnou energii do *sebevyjádření/sebeprezentace* (německy Selbstdarstellung) *vlastního jevu* organismu (německy eigentliche Erscheinung)

Smyslem mnoha nápadných a barevných forem je čistě sebeprezentace (význam formy nelze najít ve vnitřní fyziologii organismu, ale až konfrontací s okolím, ekosystémovými vztahy, sociálními vztahy aj. organismu navenek, a někdy ani to není dostačující ...)

Mnoho jiných tělesných forem se naopak snaží organismy před okolím skrýt, maskovat.

Pro bližší seznámení čti např. kapitulu 3.3 *Adolf Portmann* profesora Stanislava Komárka v knize Komárek S. (2003): *Obraz člověka v dílech některých významných biologů 19. a 20. století*. Panoráma biologické a sociokulturní antropologie. Modulové učební texty pro studenty antropologie a „příbuzných“ oborů (ed. J. Malina). Brno: Nadace Universitas v Brně – Akademické nakladatelství CERM.

Dostupné na:

http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/prif/js10/panorama/web/modules/20_antropo_komarek.pdf

Základní tvarové aspekty u současného člověka

(s čím je třeba vždy počítat, co může být zdrojem variability tvarových dat)

- Velikostní alometrie (větší forma robustnější, hranatější, ontogeneticky zdánlivě „starší“ ...)
- Stranová asymetrie (pravá většinou dominantní a větší, také dimorfismus větší vpravo)
- Sexuální dimorfismus (muži ve většině tělesných struktur větší než ženy)
- Metamerické struktury (obratle, zuby, žebra, články prstů ...)
- Ontogenetické změny (ontogenetická alometrie, výrazné změny proporcí těla, metabolismu, pohybu ...)
- Mezipopulační rozdíly (mikroevoluční změny, kombinace vlivu rozdílů v alelových frekvencích a podmínkách prostředí – přírodních, sociálních a kulturních)
- Ontogenetické adaptace (formy se přizpůsobují, často nevratně, v průběhu ontogeneze)
- Regresivní změny ve stáří (různé změny v závislosti na genetických faktorech a stresu prostředí – patogeny, fyzická zátěž aj.)
- Patologie (každý člověk je jen více či méně nemocný, výrazné patologie ale mění rozptyl znaků)
- Fraktálový charakter (změnou rozlišení se mění rozměry, je třeba standardizovat práh vždy stejně)

- Sebe prezentace (chování, mimika, arteficiální jevy, umění, stylizace ...)
- + Tafonomické změny (u skeletu a zubů z archeologických nálezů)
- + metodika ... (což už je na nás, pozor hlavně při srovnávání s jinými autor, je třeba bezpečně znát, jak to původní autor myslel, měřil, zapisoval, co s čím srovnával ...)

To by mělo podstatně ovlivnit rozhodování, co a jak do analýzy zařadit a jak to mezi sebou srovnávat. Pokud např. srovnávám dvě pohřebiště a nerozlišil bych kosti podle pohlaví (takže bych nevěděl, kolik mám v každém mužů a žen), výsledný rozdíl by byl nerozklíčovatelnou směsí rozdílů mezi oběma populacemi a mezipohlavních rozdílů.

Záznam objektů

Problém: většina objektů je trojrozměrná

Jednoduchý záznam (fotoaparát, skener, kamera) deformuje a redukuje 3D svět na 2D snímek, deformace závisí na mnoha faktorech a ovlivňuje výsledky zobrazení, a tedy i měření

Řešení č. 1: Monofotogrammetrie

Standardizace snímání fotoaparátem, skenerem, projektivní míry

Nastavení snímání (měřítko, vzdálenost, osvětlení, poloha objektu) je přesně definované, takže stejný objekt bude vždy nasnímán stejně. Jedině tak je možné zajistit srovnatelnost dvou různých měření.

Měřítka (rozměry, intenzita, barva), vhodné nejvíce pro ploché objekty – list stromu, lopatka, ruka ...)

V některých případech je 2D hodnocení dostačující, protože jde *a priori* o hodnocení 2D objektů (např. histologické řezy).

(čti: Frouz, Králík 2015, str. 103–105)

Řešení č. 2: Stereofotogrammetrie

Několik snímků s tříbodovým (prostorovým) měřítkem se pomocí software převede na 3D model a vzdálenosti se tam matematicky dopočítají. Nejvíce se používá tam, kde nelze měřit šuplerou (geodézie, archeologie). V antropologii tradiční metoda, aktuálně prožívá renesanci v souvislosti s počítačovými metodami analýzy tvaru a tzv. *virtuální antropologii*.

(čti: Frouz, Králík 2015, str. 95–102; Urbanová *et al.* 2015, str. 5–9)

Řešení č. 3: 3D digitalizace (3D skenery, digitizéry)

Ultrazvukové, elektromagnetické, ramenové, optické, laserové digitizéry umožňují záznam 3D tvaru do podoby x, y, z souřadnic bodů *na povrchu* objektů. Tyto body lze použít jak pro virtuální rekonstrukci vzhledu objektu (vizuální model), tak pro výpočty rozměrů a matematickou analýzu 3D tvaru.

Neinvazivní zobrazovací metody (CT, microCT, NMR aj.) i sekvence obrazů fyzických tenkých řezů lze využít k rekonstrukci zevních *i vnitřních* povrchů.

(čti: Urbanová *et al.* 2015, str. 5–9, 10–14;

Ukázka: http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)

Hodnocení a měření přímo na objektu

Klady

- rychlé, přesné, levné (klasická měřidla)
- využitelnost pevná, celá kost na makroskopické úrovni
- standardní míry, rozvinutá metodologie a metodika
- mnoho srovnávacích dat (primární a sekundární data z publikovaných odborných článků)

Zápory

- omezené použití
- složitější míry mají komplikované definice (reliabilita)

- omezené studium tvaru

Hodnocení a měření na záznamu objektu

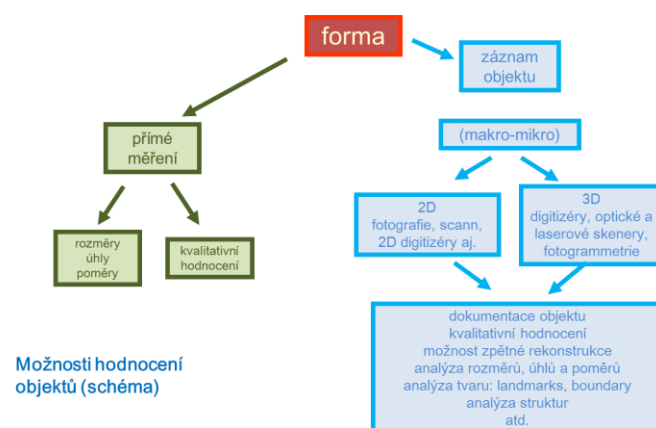
Klady

- možnost hodnotit i tradičně neměřitelné: míry malých rozměrů (drobné kosti ruky a nohy, zuby, kůstky středoušní dutiny atd.), záznam povrchové struktury kosti – lupová anatomie (makrofotografie), měření vnitřních rozměrů (tloušťka kompakty aj.), měření kostí na živém člověku (neinvazivní záznam), moderní analýzy tvaru.
- možnost uchování rozměrů i tvaru v databázi, kdykoliv je možno se k měření vrátit
- možnost využití počítače k automatizaci rutinní činnosti

Zápory

- nákladnější zařízení (fotoaparáty, skenery, game-grabery, 2D a 3D digitizéry, digitální kamery, software)
- složitější postupy (standardizace snímání, kalibrace, úprava obrazu, komplexní matematické/geometrické a statistické postupy)
- dosud omezenost srovnávacího materiálu, omezení v praktické aplikaci a šíření (ne každý vytvořené metody může použít).

Stručná historie morfometrie („u nás“)



Praktikum z analýzy tvaru – Úvod: velikost a tvar v antropologii

14

Morfometrie

Analýza velikosti a tvaru, většinou v biologii

Klasická (tradiční) morfometrie

- měření délek, šířek, hloubek, úhlů, výpočet poměrů (indexů)
- jednorozměrná a mnohorozměrná statistika

Výhody

- Levné
- Rychlé
- Zavedené (srovnatelnost)

Nevýhody

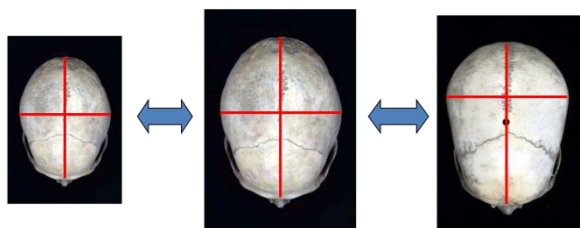
- vždy redukuje záznam/popis tvaru na omezený aspekt
- není oddělen tvar od velikosti

- špatné možnosti vizualizace tvarových rozdílů
- oddělenost jinak provázaných tvarových aspektů
- hypertrofie indexů (Jak vypadá lebka popsaná jako: hyperbrachykranní, hypsikranní, mesosenní, euryprosopní a mesenní obličej, očníce hypsikonchní, nos mesorhinní a brachyuraní?)
- tvar nelze z rozměrů zpětně rekonstruovat; z indexů nelze zjistit, který rozměr může za změnu/rozdíl v indexu

Stručná historie morfometrie („u nás“)

Klasická morfometrie

Index cephalicus (IC) $IC = \frac{eu - eu}{g - op} \times 100$

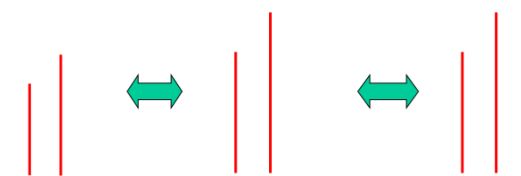


IC = 75 IC = 75 IC = 75
Praktikum z analýzy tvaru – Úvod: velikost a tvar v antropologii

30

Stručná historie morfometrie („u nás“)

Index cephalicus (IC) $IC = \frac{eu - eu}{g - op} \times 100$



IC = 75 IC = 75 IC = 75
Praktikum z analýzy tvaru – Úvod: velikost a tvar v antropologii

31

Všechny tři lebky (evidentně se lišící tvarem a velikostí) by se podle IC v datech kryly, byly by z hlediska tohoto indexu totožné, tj. v analýze podle tohoto „tvarového“ znaku by byly hodnoceny jako extrémně podobné a řazeny by byly k sobě.

Příklady aplikace tradičního měření na 2D záznamech (1)

Odhad pohlaví podle pánve (metoda podle Novotného 1986)

- rozměry kosti pánevní měřené přímo na kosti

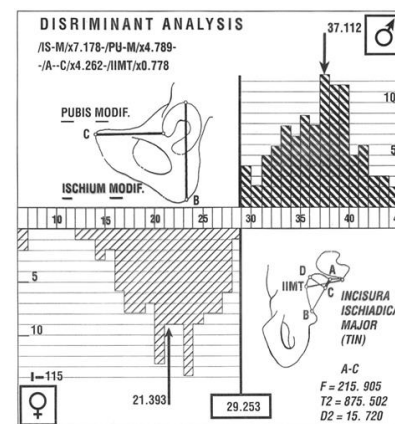
(případně na foto-konturogramu)

Novotný V. (1986): Sex determination of the pelvic bone: A system approach. *Anthropologie* 24: 197–206.

Příklady aplikace tradičního měření na 2D záznamech (2)

Morfometrie zubních výbrusů: odhad věku, modifikace Gustafsonovy metody (Vystrčilová, Novotný 2000).

(čti: Frouz, Králík 2015, str. 103–105)



Automatická (počítačová) analýza obrazu

(Image analysis)

Umožňuje:

- Automatické úpravy obrazu
- Ruční měření rozměrů
- Ruční vyhledání objektů na obrazu
- Automatické vyhledání objektů na obrazu
- Oddělení objektů různých vlastností (např. podle velikosti)
- Automatické měření různých (jednoduchých) geometrických vlastností objektů, například:

Area: Obsah ; Perimeter: Obvod; Roundness: Kulatost; Elongation: Protažení; Feret Diameter: Feretův průměr; Compactness: Celistvost objektu; Major Axis Length: Délka hlavní osy; Major Axis Angle: Úhel hlavní osy; Minor Axis Length: Délka vedlejší osy; Minor Axis Angle: Úhel vedlejší osy atd.

Příklady aplikace tradičního měření na 2D záznamech (3)

Histomorfometrie kostní tkáně (Urbanová, Novotný 2004)

Urbanová P., Novotný V. (2004): Distinguishing between Human and Non-Human Bones: Histometric Methods for Forensic Anthropology. *Anthropologie* 42(2): 175–183.

Dostupné na:

https://www.researchgate.net/profile/Petra_Urbanova2/publication/261367197_DISTINGUISHING_BETWEEN_HUMAN_AND_NON-HUMAN_BONES_HISTOMETRICMETHOD_FOR_FORENSIC_ANTHROPOLOGY/links/0a85e5341d418103fd000000.pdf?ev=pub_int_doc_dl&origin=publication_detail&inViewer=true

Hlavní přednosti počítačové analýzy obrazu

- reprodukovatelnost (kvalita, objektivita)
- kvantitativní přístup (výsledek jsou čísla)
- možnost automatizace (rychlost)
- plasticita (možnost našit analýzu na míru objektu)
- možnost hodnocení parametrů, které klasicky ani změřit nelze
- názorné grafické výstupy, možnost automatické popisné statistiky atd.
- analýza 2D obrazu je často předstupněm pro moderní analýzu tvaru (kalibrace, zvýraznění obrazu, nalezení objektů, kontura objektu, nalezení bodů aj.)
- většinou ale setrvává u klasické morfometrie

Ukázka – projdi dokumentaci a ukázky aplikací volně stažitelného programu pro analýzu obrazu *ImageJ*:

<http://imagej.nih.gov/ij/docs/examples/index.html>

Morfometrie

Analýza velikosti a tvaru, většinou v biologii

Moderní (geometrická) morfometrie

Inspirace („duchovní otec“): D’Arcy Wentworth Thompson (1860–1948)

Dílo dostupné na: <https://archive.org/details/ongrowthform00thom>

(Významné osobnosti: Ch. Oxnard, P. Lestrel, N. McLeond, J. Rohlf, L. Marcus, I. Dryden, F. Bookstein)

SB morphometrics: hlavní světový portál geometrické morfometrie (akce, publikace, software, osobnosti, komunita): <http://life.bio.sunysb.edu/morph/> (důkladně proklikej)

Hlavní vlastnosti:

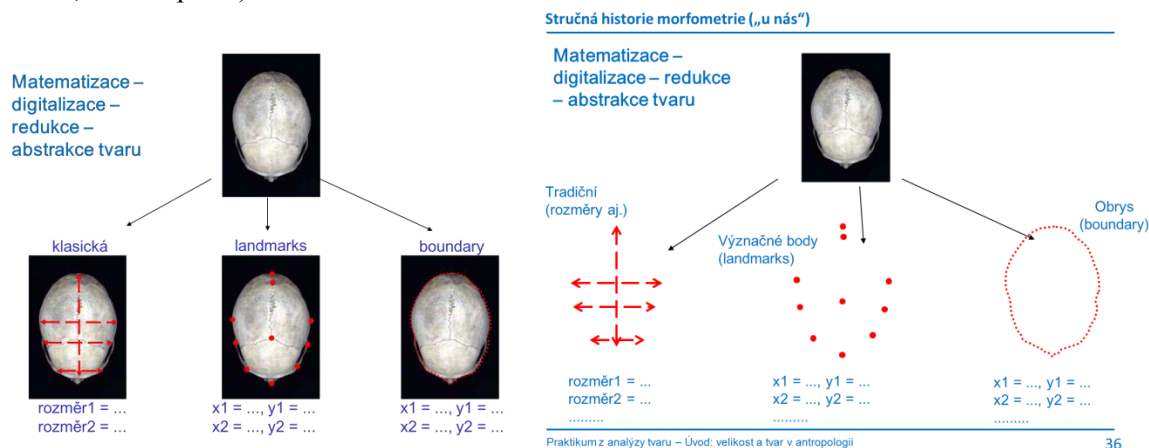
- analýza celého tvaru (ne jen dílčích aspektů, poměrů ...)
- analýza tvaru odděleně od velikosti a jejich konfrontace
- studium celkových a lokálních tvarových rozdílů/změn
- studium závislostí tvaru na jiných proměnných
- vizualizace příslušných tvarových rozdílů/změn
- rekonstrukce (reifikace, realizace) hypotetických tvarů (modelů), vypočítaných statisticky

Základní přístupy:

- Landmarks methods – definice a srovnávání tvaru pomocí souřadnic *význačných bodů* (*landmarks*) a pomocných bodů (*semilandmarks*)

- Boundary (*outline*) methods – definice a srovnávání tvaru pomocí souvislé řady bodů obrysu celého nebo části tvaru
- Surface methods – definice a srovnávání tvaru na základě celých povrchových sítí (*mesh*)

Na rozdíl od klasické morfometrie, geometrická morfometrie pracuje (zaznamenává a analyzuje) většinou 2D (x,y) nebo 3D (x,y,z) souřadnice bodů (různě (biologicky, geometricky) homologických, bodů na křivce, bodů v ploše).



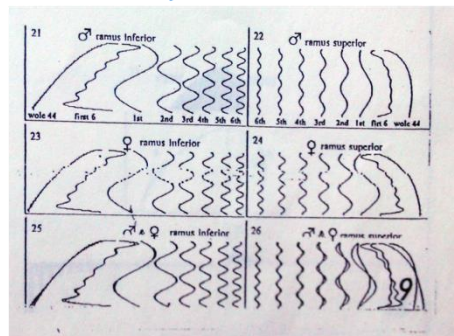
Pro příklad srovnávání sítí viz projekt Fidentis: <http://fidentis.cz/>

Příklady aplikace pokročilé morfometrie v antropologii v minulosti

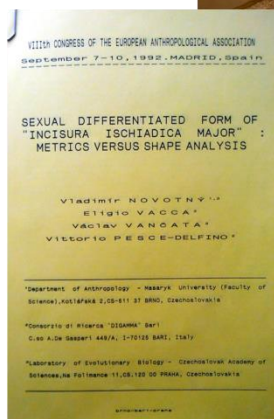
Novotný et al. (1992): Analýza tvaru velkého sedacího zářezu pomocí klasické Fourierovy analýzy

Stručná historie morfometrie („u nás“)

Příklady aplikace pokročilé morfometrie v antropologii Vladimír Novotný



Problém: Náhodné kontakty antropologa a statistika
Řešení: Systematický záměrný rozvoj – tento kurz



Praktikum z analýzy tvaru – Úvod: velikost a tvar v antropologii

38

Problém v minulosti a dosud přetrvávající: mezioborová spolupráce antropologa a matematika/statistika vznikala *ad hoc* nad jednotlivými tématy a neměla systematický, dlouhodobý charakter

Řešení: Systematický záměrný rozvoj komunikace mezi obory – tento kurz ☺